



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



**Rapport**

**R22:1984**

# **Värmelagring i torvmark**

**Teknik — ekonomi — ekologi  
— potential**

**Olof Andersson m fl**

K  
ANA

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	Plac Ser

**Byggeforskningsrådet**

R22:1984

VÄRMELAGRING I TORVMARK

Teknik - ekonomi - ekologi - potential

Olof Andersson  
Margareta Friman  
Ulf Kihlblom  
Ulf Linder

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
800911-3 och 800921-4 från Statens råd för  
byggnadsforskning till VBB AB, Stockholm och  
VIAK AB, Malmö.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsater och resultat.

R22:1984

ISBN 91-540-4094-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

### SAMMANFATTNING

	Sid
1. TORVMARKER OCH DERAS EGENSKAPER	1
1.1 Förekomst	1
1.2 Uppbyggnad	3
1.3 Termiska egenskaper	7
1.4 Hydrauliska egenskaper	8
2. LAGERFUNKTIONER OCH LAGRINGSTEKNIK	11
2.1 Tänkbara tillämpningar	11
2.2 Lagringsteknik - slutet system	16
2.3 Lagringsteknik - Öppet system	18
3. LAGERDIMENSIONERANDE PARAMETRAR - SLUTNA SYSTEM	20
3.1 Beräkningsmetodik	20
3.2 Verkningsgrad med hänsyn till storlek och geometri	21
3.3 Verkningsgraden som funktion av arbets- temperaturen	23
3.4 Slangavstånd kontra värmeöverföring och verkningsgrad	25
3.5 Utformning och dimensionering i samman- fattning	28

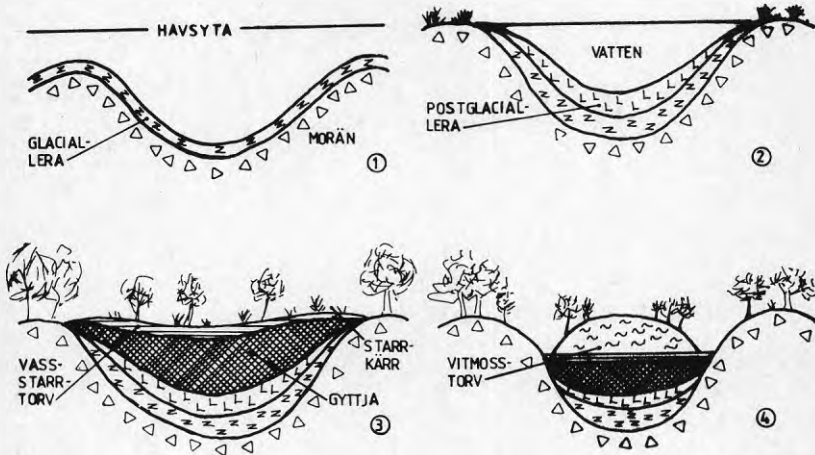
4.	LAGRINGSKAPACITET MED ÖPPET SYSTEM	30
4.1	Beräkningsförutsättningar	30
4.2	Genomströmningskapacitet	31
4.3	Lagringskapacitet m m	32
5.	PÅVERKAN PÅ EKOSYSTEMET	32
5.1	Produktion och nedbrytning i orörd torvmark	32
5.2	Värmelagrets inverkan på produktion och nedbrytning	35
5.3	Värmelagrets inverkan på vegetationen	38
5.4	Värmelagrets inverkan på nedströmsområdet	39
6.	POTENTIALASPEKTER	39
6.1	Bruttopotential	39
6.2	Närhet till tätbebyggelse	40
7.	LAGERKOSTNADER	47
7.1	Slutet system	47
7.1.1	Anläggningsinvestering	47
7.1.2	Specifik investerings- och energikostnad	49
7.2	Öppet system	50
7.2.1	Anläggningsinvestering	50
7.2.2	Specifik investerings- och energikostnad	51
8.	FÖRSLAG TILL FORTSATT VERKSAMHET	52
	REFERENSER	55
	APPENDIX A Torvjordarnas indelning	

## SAMMANFATTNING

I Sverige finns gott om moss- och myrmarker, ungefär 5,4 milj ha. Drygt 3 milj ha är torvmarker med någorlunda stor mäktighet, vilket krävs vid storskalig värmelagring.

Medelmäktigheten uppgår visserligen endast till 2 à 3 m, men häri inryms stora arealer med mäktigheter överstigande 4 m, något som har satts som en undre gräns vid värmelagring. Detta hänger främst samman med lagrets geometri och därmed verkningsgrad.

Den typ av torvmarker som benämns högmossar är särskilt intressanta ur värmelagringssynpunkt, eftersom dessa har ett värmeisolerande övre skikt bestående av låghumifierad vitmossa.



Figur 1 Schematisk framställning av hur en igenväxnings-torvmark bildas. Slutstadiet, 4, benämns högmosse och stadiet 3 kärr.

Högmossar, som skulle kunna kallas "naturens egen termos", är slutstadiet i en igenväxningssuccession från sjö till torvmark. Innan detta stadie nåtts kallas torvmarken för kärr. Även de flesta kärr lämpar sig bra för värmelagring, men verkningsgraden blir sämre, ca 25 % lägre jämfört med högmossar.

I vattenmättat tillstånd kännetecknas torvjordarterna av en hög värmekapacitet, men en låg värmeledningsförmåga, se tabell 1. Det förstnämnda förhållandet innebär att stora värmemängder kan lagras per volymsenhet ( $2-4 \text{ MJ/m}^3 \times ^\circ\text{C}$ ). Det sistnämnda förhållandet ställer å andra sidan speciella krav på utformningen av system för värmeväxling med torven, dvs det krävs en stor specifik värmeväxlingsyta. Dessutom behövs en hög temperaturgradient mellan lager och värmebärande.

Mossarna kännetecknas vidare av hög vattenhalt (i vattenmättat tillstånd vanligen 80-90 %). Grundvattennivån ligger under större delen av året helt nära markytan, varför praktiskt taget hela mossmarken kan anses vara vattenmättad.

Vattengenomsläppligheten är därmeot låg (i intervallet  $10^{-5} - 10^{-7} \text{ m/s}$ ) och kan närmast jämföras med en silt- eller lerjords genomsläpplighet.

Två tekniska systemlösningar för värmelagring har studerats.

Det ena bygger på konduktiv värmeväxling med hjälp av plastslangar som trycks ner i de mjuka torvlagren. Datasimulering har visat att det dels behövs en hög temperaturgradient mellan lager och slangsystem och dels ett tätt slangsystem (c/c-avstånd mindre än en meter) för att lagret skall ha en god funktion och verkningsgrad. Med  $40^\circ\text{C}$  arbetstemperatur fås beräkningsmässigt en verkningsgrad som normalt varierar mellan 70 och 80 %. Det förutsättes då en storlek större än 1 MW.



Det andra systemet bygger på konvektiv värmeväxling, dvs att värmeväxlingen är vattenburen. In- och urladdning uppnås genom cirkulation av mossvattnet via horisontella brunnar. Teoretiska beräkningar visar att det med detta system går att hantera ca 5 l/s och ha torvmark, något som mer än verifierats vid praktiska försök i samband med metanutvinning ur mossar. Denna typ av lager får dock en något ogynn-sammare verkningsgrad eftersom lagret av tekniska skäl blir mer tillplattat.

Båda systemen är likvärdiga ur kostnadssynpunkt. Den speci-fika investeringen har beräknats ligga mellan 700 och 900:-/kW urladdningseffekt. Satt i system blir den specifika lagrings-kostnaden beräknad på utvunnen energi efter sex månaders lagring runt 0,20:-/kWh.

Bruttopotentialen är mycket stor. Teoretiskt kan ca 3000 TWh lagras in i den torvvolym, som står till förfogande. Efter 6 månaders lagring skulle drygt 2000 TWh kunna återvinnas, resten är förluster.

I praktiken begränsas denna potential av flera skäl. Det viktigaste är kanske att mossmarken bör ligga i nära anslutning till tätort för att vara intressant. En speciell studie av detta har visat att ca 15 % av torvmarksarealen ligger inom fem och ca 5 % inom två kilometers radie från tätorterna. Det visas också att ungefär 50 % av tätorterna har en eller flera torvmarker på avståndet fem kilometer. Motsva-rande andel med två kilometers räckvidd är ca 25 %.

Det förväntas att värmelagring i torvmossar kommer att innebära en lokal påverkan av de ekologiska förhållandena i och runt lagret. Bland annat kommer den förhöjda temperatu-ren att sannolikt leda till ökad nedbrytningstakt av torven. Laboratorieförsök med torv och sjösediment har visat att metanbakteriernas aktivitet kan öka avsevärt vid temperatur-höjningar på 5-20°C.

I naturen är det dock många andra faktorer som reglerar bakteriernas aktivitet, bl a tillgång på näringsämnen och ansamling av nedbrytningsprodukter. Även dessa faktorer kan påverkas av ett värmelager, troligen så att bakterieaktiviteten ökar. Det beror på att den ökade vattenrörelsen i torven (konvektionsströmmar) som ett värmelager ger upphov till också ökar den vertikala transporten av i vattnet lösta ämnen.

Den ökade temperaturen kan vidare medföra ökad vattenrörelse (konvektionsströmmar), något som också tros gynna nedbrytningstakten genom att bakterierna får större näringstillförsel.

Det kan också uppstå fuktvandring, uttorkning m m som inverkar på fauna och flora i anslutning till lagret.

Sammanfattningsvis kan konstateras att de teoretiska förutsättningar tycks vara gynnsamma, men att det fortsättningsvis krävs praktiska försök för att bättre utröna de tekniska, ekonomiska och miljömässiga villkoren.

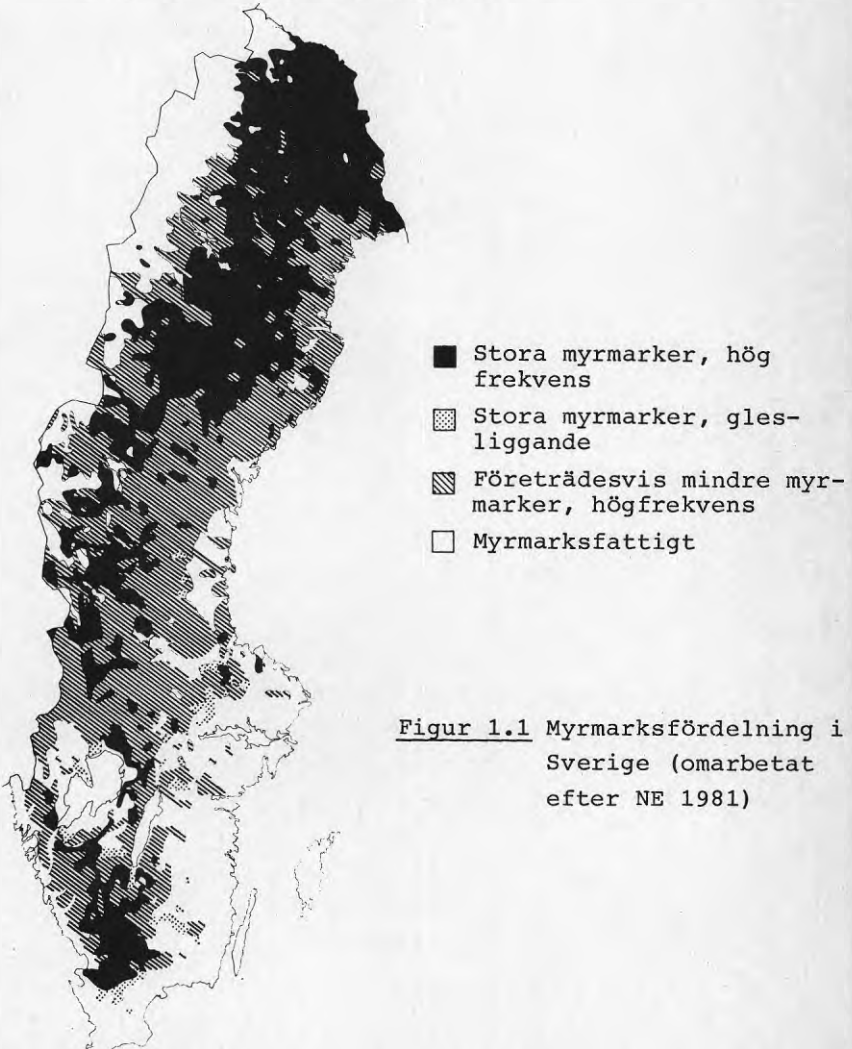
AKTIV VÄRMELAGRING I TORVMARK -  
FÖRSTUDIE AV FÖRUTSÄTTNINGARNA

---

1. TORVMARKER OCH DERAS EGENSKAPER

1.1 Förekomst

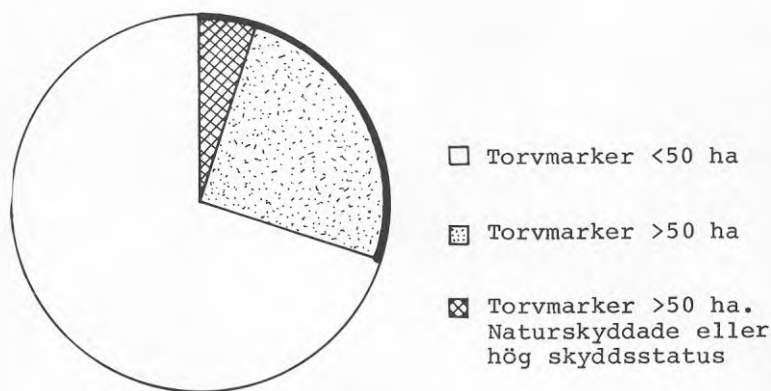
En mycket stor del av Sverige täcks av myrmarker. Inom delar av Småland, Dalarna och norra Sverige är myrmarksarealen så stor som en tredjedel av landarealen. Den totala förekomsten utgör enligt Riksskogstaxeringen 5,4 milj ha vilket utgör 15 % av landarealen mellan fjäll och kust. Den geografiska fördelningen framgår av figur 1.1.



Figur 1.1 Myrmarksfördelning i Sverige (omarbetat efter NE 1981)

De ur energilagringssynpunkt mest intressanta myrmarkerna är de som kan klassas som torvmarker. Enligt "Södra Sveriges Torvtillgångar" (SGU 1925) kan myrmarksarealen omräknas till torvmarksareal med faktorn 0,6. Utgår man från att denna är tillämpbar för hela Sverige blir landets totala torvmarksareal drygt 3 milj ha, vilket utgör bruttoarealen tillgänglig för lagring.

Som kommer att framgå senare är lagringsmöjligheterna avhängig en rad faktorer, vilket begränsar bruttoarealen. Bl a krävs att mäktigheten av torvlagren är någorlunda stor, liksom att torvmarken ligger i relativ närhet till tätbebyggelse. Vidare är vissa torvmarker naturskyddade, men dessa är nästan undantagslöst större mossar, vilket framgår av figur 1.2.



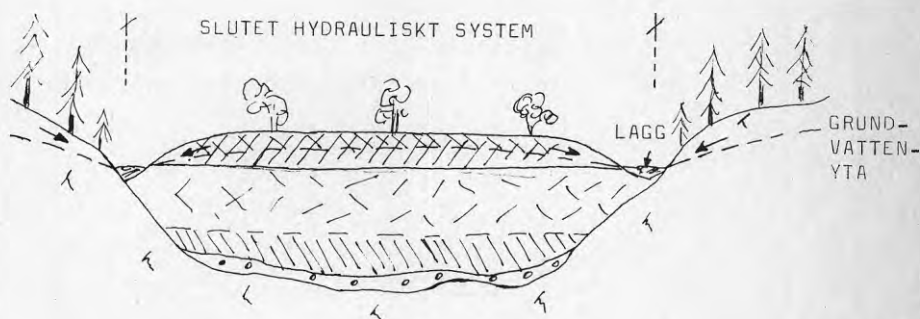
Figur 1.2 Torvmarksarealens storleksfördelning jämte andelen naturskyddade torvmarker. Cirkeln representerar drygt 3 Mha (omarbädat efter NE 1982)

Det skall i detta sammanhang noteras att även de mindre torvmarkerna (<50 ha) är av stort intresse för värmelagring eftersom lagerstorleken med hänsyn

till verkningsgrad etc får som lägst en ytareal som ligger i storleksordningen 2-4 ha. Däremot finns inga gränser uppåt.

## 1.2 Uppbyggnad

Alla torvmarker är inte lämpade för energilagring. Önskvärt är en djup mosse som har ett isolerande skikt av låghumifierad torv, samt är så belägen att grundvattenrörelserna är små. Denna typ av mossar brukar benämnas högmossar. En sådan mosses principiella uppbyggnad framgår av figur 1.3.



Figur 1.3 Högmossa i principprofil. Det översta lagret med låghumifierad torv borgar för en god värmeisolering och det slutna hydrauliska systemet för att inlagrad värme inte transporteras bort

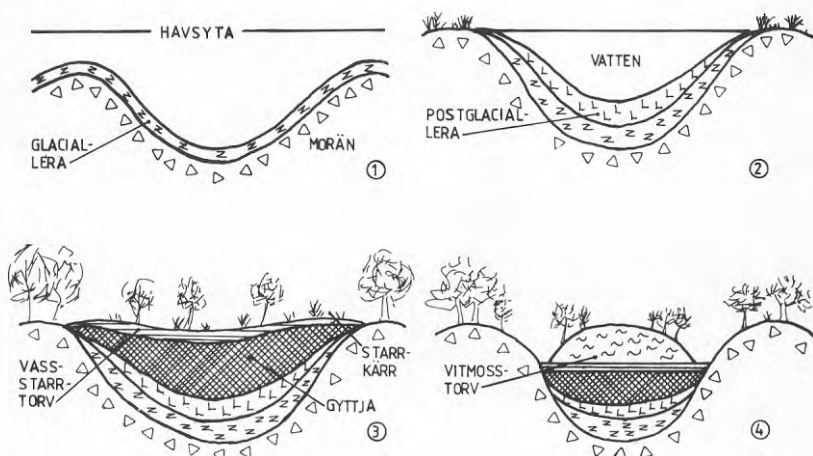
Högmossen består överst av ett täckande lager av låghumifierad vitmosstorv, följt av höghumifierad torv samt underst gyttjor av olika slag.

Grundvattenströmningen är ringa och ytvattnet avrin- ner genom det kärreparti (lagg) som omgärdar mossen.

En högmossa har bildats under flera tusen års tid. Förutsättningarna att hitta områden med stor mäktig- het är alltså störst i södra Sverige, eftersom inlandsisens avsmältning och den därpå följande

landhöjningen startade tidigare i denna landsända. I kustnära områden längs norrlandskusten är förutsättningarna sämre då dessa områden relativt sett frilades under sen tid.

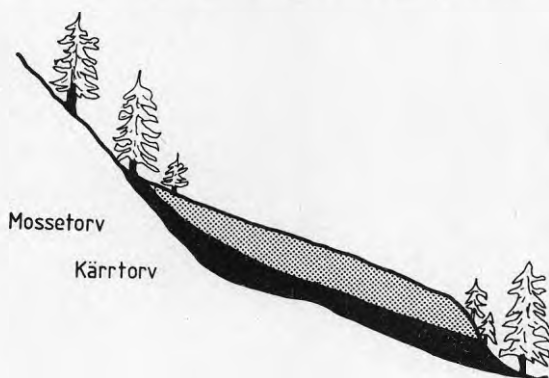
Riklig tillgång på vatten är en förutsättning för att torvmarken skall bildas. Man talar om igenväxningstorvmark och försumpningstorvmark. Den första typen utgörs av en igenväxt sjö, medan den senare bildats direkt på mineraljorden.



Figur 1.4 Schematisk bildning av en högmossen belägen under högsta kustlinjen (efter NE 1982)

Högmossen är som framgår av figur 1.4 slutstadiet i en igenväxningssuccession. Då denna hunnit olika långt i olika delar av landet beroende på klimatförutsättningar m m finns det också rikligt med övergångsformer mellan kärr (stadie 3) och mossar (stadie 4). Detta gör att även de flesta kärrtyper måste räknas in i de myrmarker som är av intresse för värmelagring.

En helt annan typ av mossmark är den ovan nämnda försumpningstorvmarken. Dessa uppstår dels i sänkor med uppläckage av grundvatten, dels i sluttningar med grundvattenutflöde, s k hängmyrar. Ett exempel på en sådan mosse ges i figur 1.5.



Figur 1.5 Schematisk uppbyggnad av en försumpningstorvmark, där torven ligger direkt på underliggande minerogena jordarter (efter NE 1982)

Denna typ av mossar är mindre intressanta ur värmelagringspunkt eftersom de oftast har begränsad mäktighet och dessutom vanligen har en större vattenomsättning än igenväxningstorvmarkerna.

Vad gäller de olika torvjordarternas klassificering m m hänvisas till Appendix A.

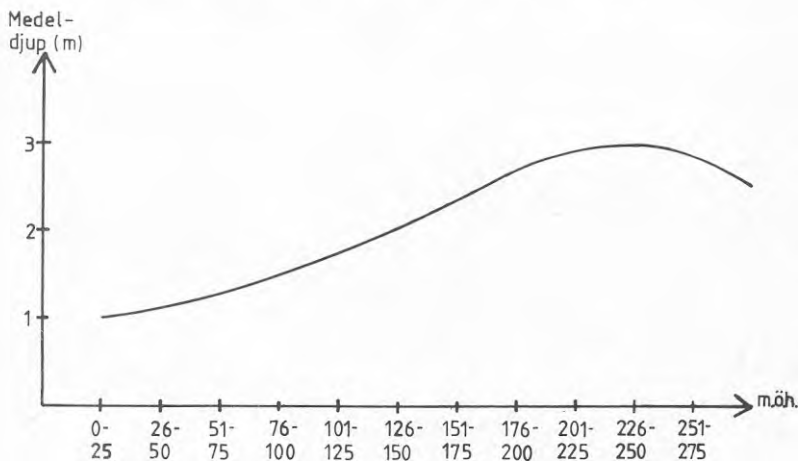
Som tidigare nämnts är torvmarkens mäktighet en viktig parameter ur värmelagringspunkt.

Som regel är mäktigheten mycket varierande både mellan olika mossar och en och samma mosse. Generellt gäller dock att torvlagren är mäktigare på högre höjd över havet än på lägre höjd. Detta beror

på att de högt belägna mossarna är äldre än låglands mossarna, vilket hänger samman med den landhöjning som startade efter det att istiden tog slut.

Sambandet är speciellt märkbart i norra Sverige, där också landhöjningen uppnår de största värdena (100-200 m).

Enligt djupuppgifter från SGUs torvarkiv har torvmarkerna ett medeldjup som beroende på höjdläget pendlar mellan 1 och 3 meter, se figur 1.6.



Figur 1.6 Torvlagrens medelmäktighetsfördelning och spridning inom olika höj dintervall (omarbetat efter NE 1982)

Det skall uppmärksammas att medeldjupen är beräknade på alla typer av myrmarker från 30 cm djup och uppåt. En motsvarande medeldjupsberäkning för enbart igenväxningstorvmarker typ kärr och högmossar kan på teoretiska grunder antas uppvisa någon eller några meters större medelmäktighet.



### 1.3 Termiska egenskaper

Bestämmande för hur ett värmelager skall utformas och dimensioneras är bl a vilka de termiska egenskaper de i mossen ingående organogena jordarterna har. De parametrar som beskriver dessa egenskaper är värmekapacitet och värmeledningsförmåga.

Värmekapaciteten (C) uttrycker hur mycket värme som kan tas upp och avges per volymenhet och per grad temperaturförändring ( $J/m^3 \cdot ^\circ K$ ).

Då torvjordarternas värmekapacitet till stor del bestäms av vattenhalten är det inte så mycket torvmaterialet i sig som är avgörande för hur mycket värme som kan hanteras i en viss volym, utan snarare viktsprocenten vatten i volymen. Denna s k vattenkvot varierar dock inom vida gränser beroende på bl a nedbrytningsgrad (humifiering) och lagringstäthet.

Värmeledningsförmågan eller värmekonduktiviteten ( $\lambda$ ) uttrycker med vilket motstånd värme sprids i ett material och då med hänsyn till temperaturgradienten ( $W/m \cdot ^\circ K$ ).

Det är sedan länge både känt och utnyttjat att organiska jordarter har en betydligt lägre värmeledningsförmåga än mineraljord och berg. Bl a har torv använts som isoleringsmaterial i äldre tider.

Siffervärden över torvjordarternas termiska egenskaper är ytterst knapphändiga i litteraturen och oftast grovt gissade. I tabell 1.1 har dock de riktvärden som hittats i litteraturen angetts och som ligger till grund för beräkningarna längre fram i rapporten.

Tabell 1.1 Riktvärden för torvjordarternas termiska egenskaper (huvudsakligen efter Osvald 1937, Granholm 1971, Johansen 1975, Salmgren 1978 och Modin 1982)

Jordart	Värmeledning (W/m <sup>2</sup> ·K)	Värmekapacitet (MJ/m <sup>3</sup> ·K)
Fuktig låghumifierad torv	0,10-0,15	0,5-1,0
Vattenmättad låghumifierad torv	0,15-0,35	2,5-3,5
Vattenmättad höghumifierad torv	0,25-0,45	2,0-3,8
Vattenmättad gyttja	0,35-0,45	2,0-3,0

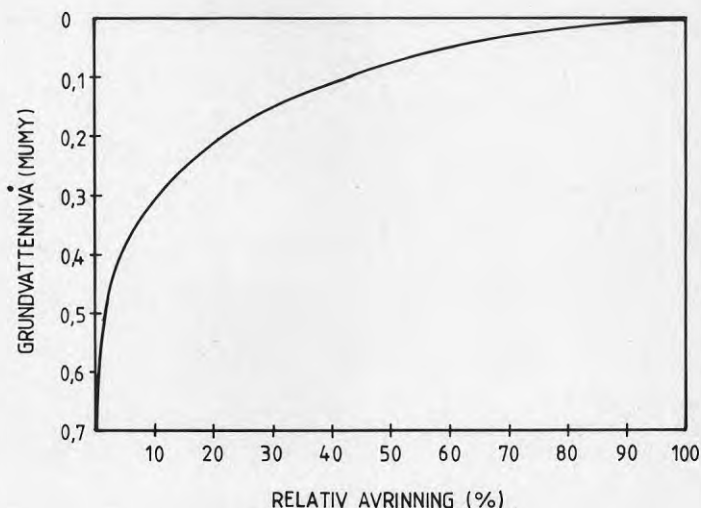
Det som gör högmossarna särskilt intressanta som värmelager är den låghumifierade vitmosstorven som utgör det översta skiktet på dessa mossar, se bl a figur 1.3.

Som framgår av tabell 1.1 har denna torvjordart en låg värmeledningsförmåga. Den tros därför fungera som ett isolerande skikt mot atmosfären. Detta verifieras också av att tjäldjupet visat sig vara betydligt tunnare i vitmosstorv än i minerogena jordarter. Man har också iakttagit att tjälen ligger kvar längre i en mossmark, vilket förklaras med ett långsamt värmeutbyte med atmosfären (Salmgren 1978).

#### 1.4 Hydrauliska egenskaper

Högmossen utgörs av ett till stor del självkontrollerande hydrauliskt system. Mossen och omgivningen dräneras till laggen, vilken alltså avvattnar såväl mosse som omgivning, se även figur 1.3.

Diverse undersökningar (se bl a Salmgren 1978) har visat att vattenrörelserna i och dräneringen av en högmosse äger rum i mossmarkens ytlager. Här är genomsläppligheten som högst samtidigt som den hydrauliska gradienten får störst inverkan ju högre upp i lagerföljden man befinner sig. Figur 1.7 ger ett exempel på hur dräneringsflödet fördelar sig i vertikalled vid en fluktuerande grundvattennivå.



Figur 1.7 Vattenavrinningens relativa storlek vid olika grundvattennivåer i en högmosse (omarbetat efter Huikari 1959)

Figuren skall tolkas så att dräneringen, oavsett storlek, nästan helt försiggår i och strax under den nivå där grundvattenytan befinner sig. Då grundvattenytan ligger högt (exempelvis vid snösmältning) är avrinningen stor, medan den under torrperioder med låg grundvattennivå, i stort sett avstannar. I praktiken innebär detta att det mer är fråga om tillfälliga ytavrinningar än om magasinering och efterföljande långsam grundvattendränering. Detta

för också med sig att det fria vatten som finns djupare ned i mossen i princip är stillastående eller har en mycket långsam omsättning, något som i sin tur beror på torvjordarternas dåliga vattengenomsläppande förmåga. Genomsläppligheten, eller permeabiliteten, minskar dessutom med ökad förmultningsgrad och dyighet, vilket framgår av tabell 1.2.

Tabell 1.2 Olika torvslags vattengenomsläpplighet (omarbetat efter Malmström 1923)

Torvslag	Förmultningsgrad enl von Posts skala	Provets ursprungliga läge i marken	Genomsläpplighetskoefficient m/s
Starr-vitmoss-torv	2	Horisontalt	$5.0 \cdot 10^{-5}$
Tuvsäv-vitmoss-torv	2	Horisontalt Vertikalt	$1.1 \cdot 10^{-5}$ $6.0 \cdot 10^{-5}$
Vitmosstorv	3	Horisontalt Vertikalt	$6.0 \cdot 10^{-5}$ $2.0 \cdot 10^{-5}$
Vitmosstorv	4 - 5	Horisontalt Vertikalt	$0.5 \cdot 10^{-5}$ $1.5 \cdot 10^{-5}$
Vitmosstorv	6	Horisontalt Vertikalt	$2.0 \cdot 10^{-5}$ $1.1 \cdot 10^{-6}$
Vitmosstorv	7	Horisontalt Vertikalt	$0.5 \cdot 10^{-6}$ $0.5 \cdot 10^{-6}$
Dytorv	8 - 9	Horisontalt Vertikalt	$0.3 \cdot 10^{-6}$ $0.2 \cdot 10^{-6}$
Dytorv	9	Horisontalt Vertikalt	$0.3 \cdot 10^{-7}$ $0.7 \cdot 10^{-7}$

I normalfallet minskar alltså permeabiliteten mot djupet. Tabellen visar också att den horisontella permeabiliteten oftast är något högre än den vertikala. Detta beror på att vattnet möter ett förhållandevis mindre motstånd då det flödar längs lagringsstrukturen än vinkelrätt mot densamma.

Lagringsstrukturerna och förekomst av tunnare skikt med hög nedbrytningsgrad än omgivande skikt är också upphov till att man ibland kan påträffa helt torvfria vattenskiakt i mossarna, s k "vattensläppor".

Dessa är således lokaliserade till svaghetszoner i torvmossens inre uppbyggnad. Vanligen hittar man vattensläpporna i gränsszonen mellan vitmoss och kärrtorv.

I samband med värmelagring i torv kan det också inträffa att man utför dränering av den övre metern (för att öka värmeisoleringen) eller att en viss uttorkning uppkommer till följd av lagret. I båda fallen leder detta till sättningar som enligt erfarenheterna uppgår till storleksordningen 10 cm per meter uttorkad torv (Osvald 1937).

## 2. LAGERFUNKTION OCH LAGRINGSTEKNIK

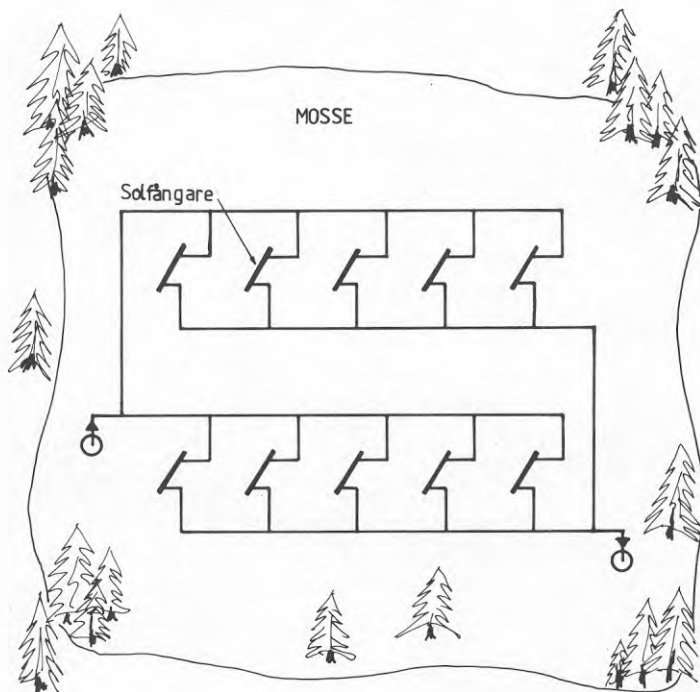
### 2.1 Tänkbara tillämpningar

Behov av värmelagring från sommar till vinter har främst uppmärksammats i samband med ett optimalt utnyttjande av solvärme. Efter några års prövning av markuppställda eller nedschaktade lagringstankar för lagring vid höga temperaturer (Ingelstad, Lambohov) tycks utvecklingen gå mot lagring under mark och vid allt lägre temperaturer. Bland dessa sistnämnda lagringsformer märks bergrums-, borrhåls- och akviferlager samt lagring i lera.

Lagring av lågtempererad vattenburen solvärme är också en av tillämpningarna med lagring i torvmarker. Som framgår av figur 2.1 kan torvmarken dessutom utnyttjas för placering av solfångare. Värmeproduktionen kan med en sådan lösning kopplas direkt till lagringsfunktionen. Eftersom ytorna är stora och lagringsvolymen också är stor kan enkla solfångare, som avger värme vid relativt låg temperatur, användas.

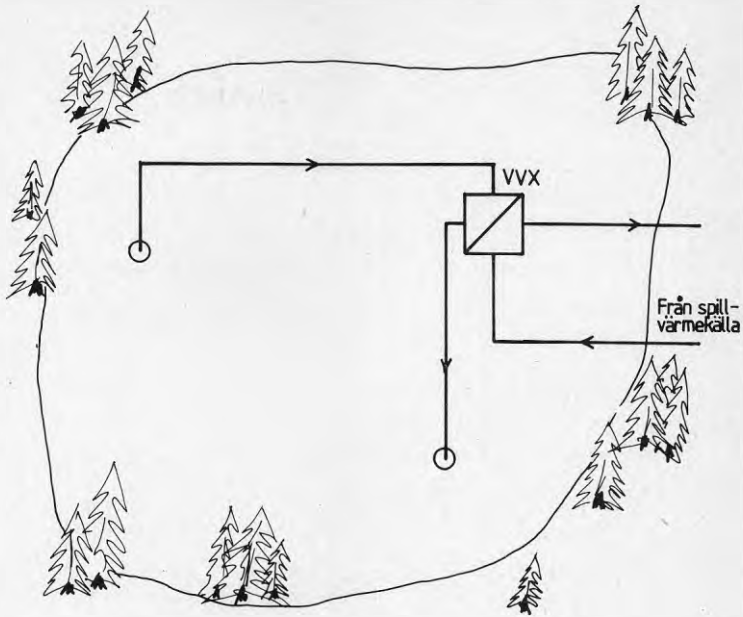
En solfångarplacering på en myr eller mosse innebär dock att speciella hänsyn måste tas till grundlägg-

ningsfrågor. Med tanke härpå är det kanske inte alltid möjligt att utnyttja torvmarken för detta ändamål, utan i stället hitta annan lämpligare mark i mossens omgivning.



Figur 2.1 Lågtemperatursolfångare kan placeras i direkt anslutning till värmelagret.

Behov av värmelagring har också uppmärksamats i samband med spillvärmeutnyttjande. Då produktionen av spillvärme ofta är kopplad till en industriell process har värmeleveransen ett konstant flöde då processen är verksam. Denna avbryts oftast av perioder med ingen produktion alls, exempelvis vid helger och semestrar. För anpassning till en spillvärmeutnyttjare, som har ett med årstiden variabelt värmebehov, behövs således ett "utjämningslager". Detta skall då kunna fungera både som korttids- och långtidslager. Som figur 2.2 principiellt visar kan torvmarkslagret tillämpas också i dessa sammanhang.



Figur 2.2 Spillvärme från industri eller över-skottsvärme vid förbränning kan också lagras i torvmarker.

Behov av lagring kan också uppkomma vid förbränning av olika slag, exempelvis avfallsförbränning. Ett annat intressant lagringsområde är sk spetslastlagring i anslutning till fastbränsleeldade pannor. Detta gäller i första hand vid övergång från oljeeldning till alternativa bränslen (kol, torv, flis och avfall). Spetslastlagret gör att fastbränslepannorna inte nödvändigtvis måste dimensioneras till full effekt samtidigt som hetvattenproduktionen kan hållas på en jämnare nivå.

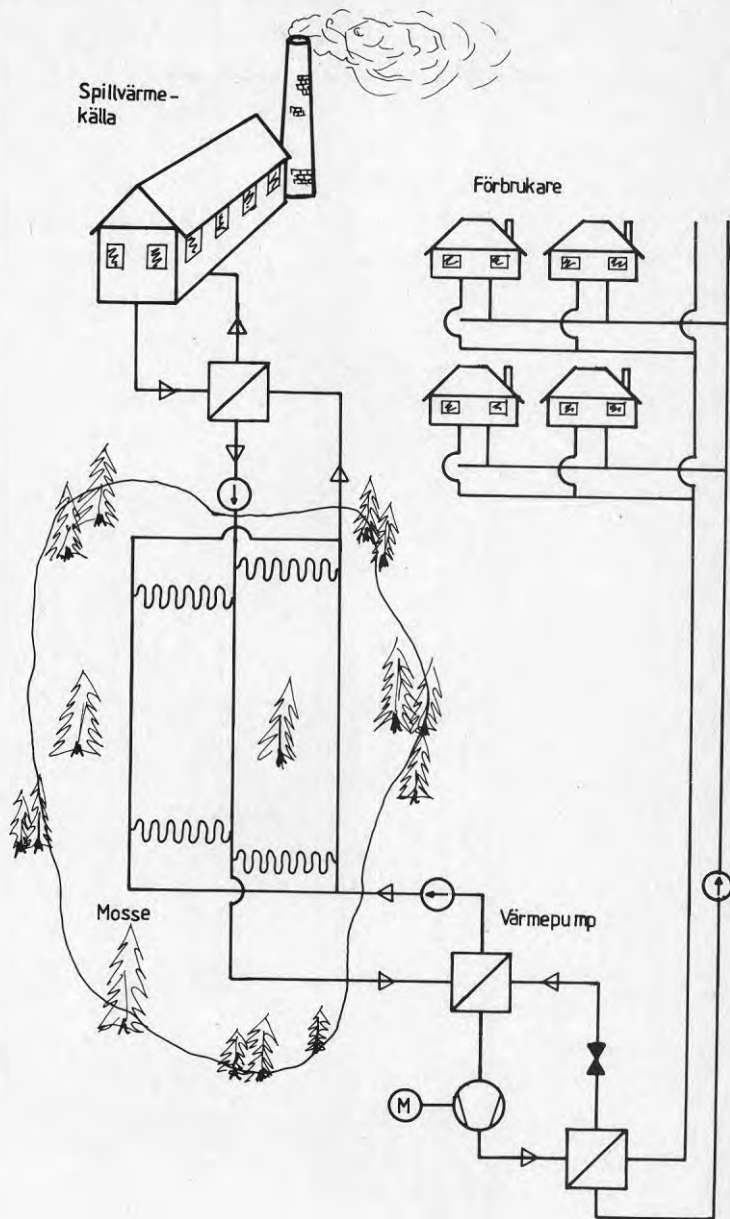
Sett som en del i ett helt värmeproduktionssystem bör lagret bli ur kostnadssynpunkt befinna sig i relativ närhet till såväl värmeproducent som värmeförbrukare. I systemet ingår dessutom en eller flera

värmeväxlarfunktioner. Bland annat är det nödvändigt att vid lågtemperaturlagring använda sig av värmepumpsteknik. Hela systemet, principiellt framställt, exemplifieras i figur 2.3.

Figurexemplet visar hur lagret laddas med spillvärme sommartid. Nedtryckta slangar i torvmarken fungerar som värmeväxlare och lagrets temperaturnivå höjs successivt till full laddningstemperatur.

Under vintern sker så ett värmeuttag från lagret. Värmebäraren passerar genom värmepumpens förångare och sedan åter ut i lagret. Från värmepumpen distribueras sedan värmets genom ett kulvertsystem till förbrukarna.



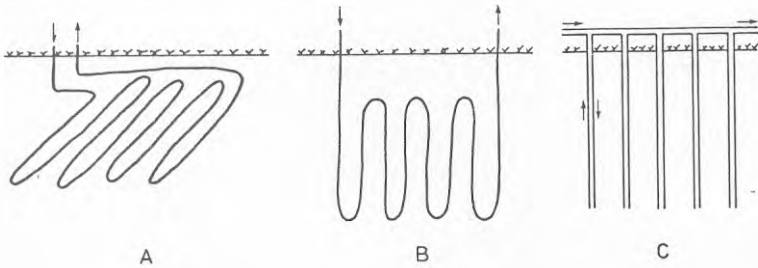


Figur 2.3 Torvmarkslagret satt i system, principiellt exemplifierat med spillvärmeutnyttjande för bostadsuppvärmning.

## 2.2 Lagringsteknik - slutet system

Med ett slutet system avses ett system där värmeväxlingen sker konduktivt, d v s genom värmeledning utan att torvlagrens vatten pumpas runt. Detta åstadkommes genom att placera slangar eller rör i torven, i vilka en värmebärare cirkuleras.

Olika principiella metoder för sådana slang- och rörsystem kan tänkas, se figur 2.4.



Figur 2.4 Några olika typer av system för konduktiv värmeväxling

- A. Horisontellt slangsystem, typ ytjordvärme
- B. Vertikalt nedtryckt slangsystem
- C. Vertikalt nedtryckta dubbelmantlade rör

Figurens alternativ A är sannolikt enklast att anlägga, men beräkningar har visat att värmeförlusterna blir relativt stora vid längre tids lagring. Detta minimeras dock i det fall lagring sker vid låga temperaturer. Detsamma gäller också då läggningsdjupet är stort. Med redan prövad teknik går det att förlägga horisontella slangar på ca 3 meters djup, vilket trots allt gör det horisontella slangsystemet intressant.

Alternativen B och C är ur värmeförlustsynpunkt betydligt gynnsammare än alternativ A. En preliminär

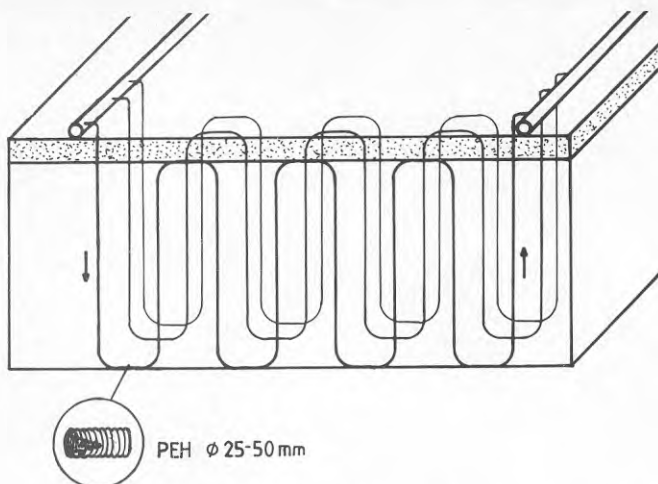
kostnadsjämförelse mellan dessa båda alternativ visar att alternativ B är betydligt billigare i utförande. Detta hänger samman med att slangarna, som förutsättes bestå av plast, är förhållandevis billiga och dessutom lätta att trycka ned i torven. Det fordras dock att man konstruerar ett specialverktyg för detta.

Både ur teknisk och ekonomisk synvinkel talar sammanfattningsvis det mesta för ett värmeväxlingssystem med vertikalt nedtryckta plastslangar, enligt principfigurens alternativ B. Det är också detta alternativ som valts vid parameterstudierna, avsnitt 3.

Hur slangsystemet i detalj skall arrangeras beror främst på torvmarklagrens termiska och tekniska egenskaper.

Om man utgår från att ett lager placeras i en normal högmosse inleds lagerföljden oftast med någon meter låghumifierad vitmosstorv (det värmeisolerande täcket). Härunder följer sedan mer höghumifierade och vattenrika torv-, dy- och gyttjejordarter. Det är i dessa som slangarna lämpligen placeras och med fullt utnyttjande av dessa jordarters mäktighet. Lagrets överkant kommer då att befinna sig någon meter under markytan. Endast till- och frånloppsändarna sticker upp genom den övre vitmosstorven, se figur 2.5.

Med hänsyn till torvjordarternas låga värmeledningsförmåga och höga värmekapacitet kommer varje slangrad, liksom det inbördes avståndet mellan varje slinga att vara förhållandevis litet. Det krävs med andra ord en betydande mängd slangmetrar för att effekten vid inlagring och urladdning skall kunna hållas på rimlig nivå. Detta gäller särskilt om temperaturdifferensen mellan värmebärare och lager hålls låg, se vidare avsnitt 3.4.



Figur 2.5 Det valda värmeväxlingssystemets principiella utformning.

### 2.3 Lagringsteknik - öppet system

Med öppet system avses ett system där vatten cirkuleras i torvmarken med hjälp av någon typ av brunnar. Mossens eget vatten fungerar då som värmebärare.

Den brunnsteknik som är tänkbar har testats fram i samband med Vyrmetoder ABs arbeten med metangasutvinning ur mossmarker. Erfarenheterna härifrån visar att det är tekniskt möjligt att lägga horisontella brunnskonstruktioner på ca 2,5 m djup.

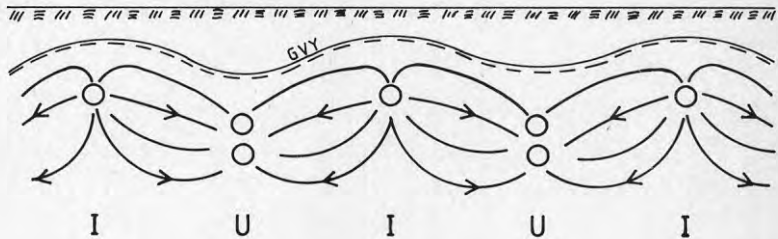
Det material man använder till horisontalbrunnarna består av dränrör i plast, vanligen  $\varnothing 4''$ . Rören har innan de läggs försetts med ett filter bestående av kokosfiber. Detta filter har visat sig ge förhållandevis små problem med igensättningar som annars utgör det största hindret rent brunnstekniskt sett.

Vid en försöksanläggning på Björklinge mosse har man enligt uppgift kunnat cirkulera en vattenmängd motsvarande 10 l/s och ha mossmark. Detta i torvjordarter som har en permeabilitet runt  $10^{-5}$  m/s och förmultningsgraden 4-6.

Genom utveckling av Vyrmetodens traktor bör man kunna nå ett läggningsdjup som är tillräckligt stort för att tekniken skall vara av intresse också för lagringsändamål, dvs djup på 3-5 m.

I princip finns två system för hur horisontalbrunnarna skall arrangeras för att ha både inlagrings- och urladdningsfunktion.

Det ena systemet bygger på kontinuerlig genomströmning från ett eller flera infiltrationsområden till ett eller flera uttagsområden, se figur 2.6. Då det är svårare att utvinna än att infiltrera vattnet (igensättningar) krävs förhållandevis fler löpmetrar uttagsbrunn, vilket på figuren illustrerats med dubbla rör.



Figur 2.6 Tvärprofil visande arrangemang för lagring enligt genomströmningsprincipen.

I = infiltration

U = uttag

Gvy = grundvattenyta

Det andra tänkbara systemet bygger på att man anlägger ett fördelat brunnssystem det ena för inlagring och uttag av primär värme och det andra för uttag och återföring av vattnet på sekundärsidan. Detta är i princip samma systemlösning som vanligen förespråkas vid sk akviferlagring.

Tillämpat i torvmark med horisontalbrunnar och de hydrauliska förutsättningar som råder kan man dock med detta system inte uppnå tillräckligt stora flöden för att systemet skall vara av intresse. Av denna anledning har fortsättningsvis endast systemet med genomströmning enligt figur 2.6 blivit föremål för ytterligare beräkningar, se avsnitt 4.

### 3. LAGERDIMENSIONERANDE PARAMETRAR - SLUTNA SYSTEM

#### 3.1 Beräkningsmetodik

För att i någon mån visa hur torvmarkslagringen tros fungera i praktiken har ett antal typfall studerats. Vi har då valt att placera lagren i högmossmiljö, där vi låtit det isolerande skiktet av vitmosstorv vara en meter mäktigt. Torvlagrens mäktighet har sedan fått vara variabel, liksom inlagrings- och urladdningstemperaturerna samt avstånd mellan slangar.

Konstanta parametrar har varit torvens termiska egenskaper (se tabell 1.1) samt lufthavets årsmedeltemperatur ( $6^{\circ}\text{C}$ ).

Beräkningarna har i huvudsak gjorts med hjälp av ett dataprogram som utvecklats på Institutionen för Matematisk Fysik, Lunds Tekniska Högskola (referens Johan Claesson).

Vid datasimuleringen har antagits att värme lagrats in med konstant effekt under 6 månader och därefter har lagret urladdats under resterande 6 månader också med konstant värmeuttag. Det har också förutsatts att ytförstorade plastslangar  $\varnothing$  25 mm används som värmeväxlare och att dessa arrangerats i system enligt figur 2.5.

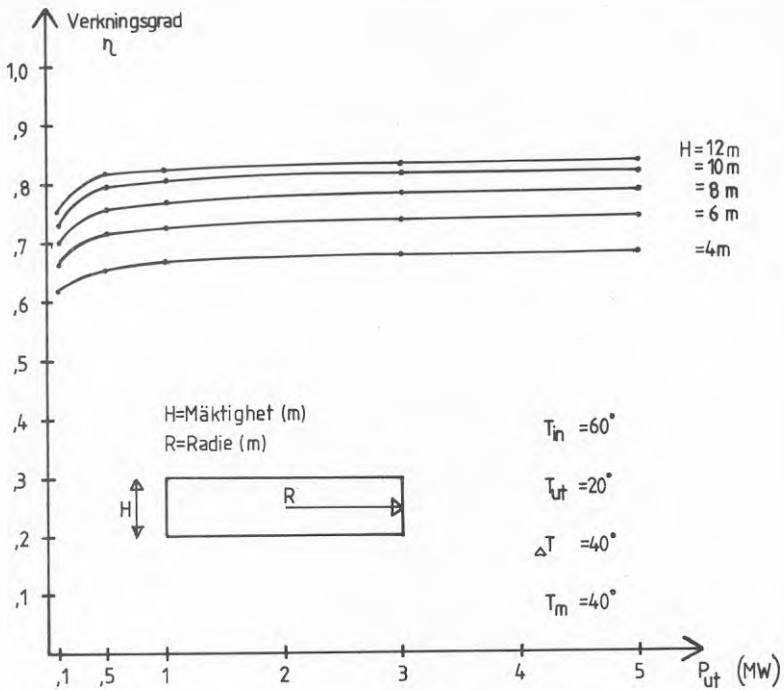
De beräkningsvärden som erhållits har slutligen använts för en uppsplittrad parameterstudie vilken syftat till att visa hur olika förutsättningar påverkar dimensioneringen av lagret och lagrets driftsfunktioner.

### 3.2 Verkningsgrad med hänsyn till storlek och geometri

Ett torvmarklagers geometri bestämmes i princip av vilken mäktighet torvjordarterna har. Då denna alltid är begränsad kommer en allt större yta att krävas ju större lagret görs. Lagret får därför en allt mer tillplattad form med ökad lagringsvolym.

Den geometriska tillplattningen vid ökad storlek innebär å ena sidan att värmeförlusten ökar, men å andra sidan motverkas denna tendens av att en ökad lagervolym medför minskade förluster. I detta samband spelar dock lagringstemperaturen en betydande roll. Sätts denna konstant kan de andra på verkningsgraden inverkan parametrarna isoleras. Sambandet framgår av diagrammet, figur 3.1 och gäller en högmosse som laddas till  $60^{\circ}$  (Tin) och urladdas till nivån  $20^{\circ}\text{C}$  (Tut).

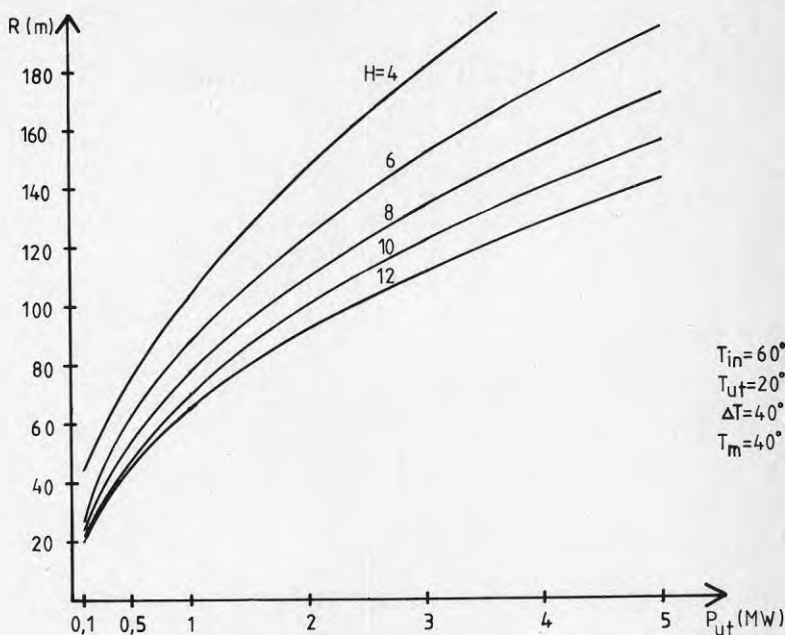
Diagrammet visar att verkningsgraden ökar med ökad lagerstorlek, här uttryckt som en effektstorlek vid uttag (Put), och att således storleksfaktorn är något överordnad den ökade värmeförlust som uppkommer till följd av ökad tillplattning. Verkningsgradens storleksberoende gör sig mest gällande i intervallet 0,1-1 MW lagerstorlek, för att vid större storlekar knappast vara märkbar.



Figur 3.1 Lagrets verkningsgrad som funktion av lagergeometri och volym vid en bestämd arbetstemperatur.

För lager större än 1 MW är det i praktiken därför lagrets mäktighet ( $H$ ) som utgör den verkligt betydelsefulla dimensioneringsparametern. Vägs värmeförlusterna in i enlighet med figur 3.1, kan lagrets ytradie ( $R$ ) dimensioneras med hänsyn till lagermäktigheten enligt diagrammet figur 3.2.



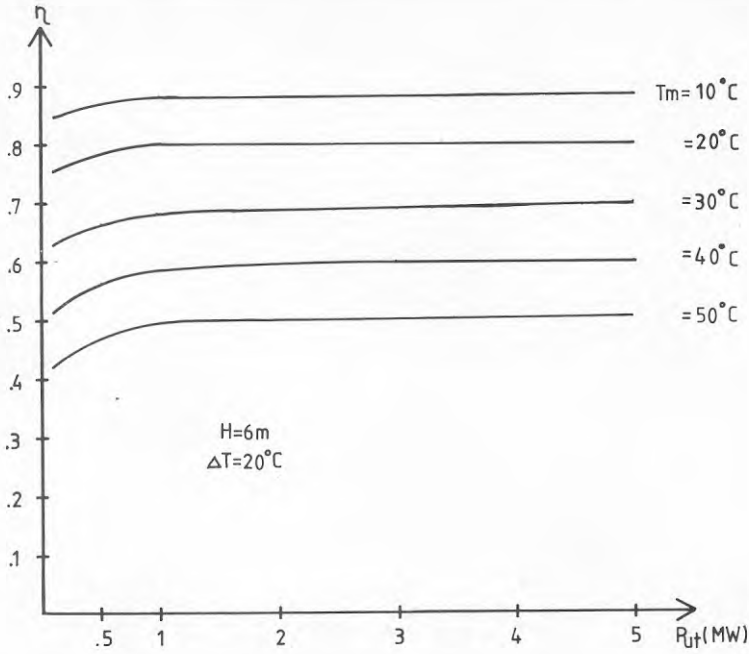


Figur 3.2 Måktigheten som dimensionerande för lagrets ytradie (R) och effektstorlek ( $P_{Ut}$ ).

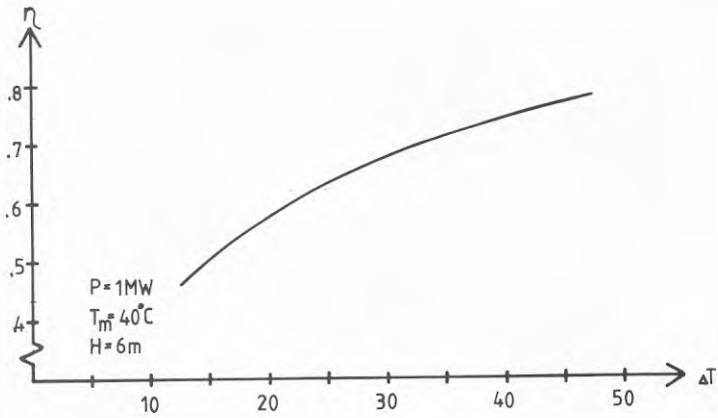
3.3 Verkningsgraden som funktion av arbetstemperaturen  
 Med lagrets arbetstemperatur ( $\Delta T$ ) menas den temperaturdifferens som råder mellan inlagrings- och urladdningstemperaturerna.

I samband med beräkningar över hur arbetstemperaturen inverkar på värmeförlustens storlek har lagrets medeltemperatur ( $T_m$ ) definierats som medelvärdet av inlagrings- och urladdningstemperatur ( $T_{in}$  resp  $T_{ut}$ ) under en lagringscykel.

I diagrammet, figur 3.3, visas hur lagrets medeltemperatur inverkar på lagrets verkningsgrad vid olika lagerstorlekar. Som framgår blir värmeförlusterna större ju högre medeltemperatur lagret har. Man ser också att sambandet är i det närmaste linjärt vid lagerstorlekar större än 1 å 2 MW.



Figur 3.3 Förhållandet mellan lagrets medeltemperatur ( $T_m$ ) och lagrets verkningsgrad ( $\eta$ ) vid varierande lagerstorlek ( $P_{ut}$ ).



Figur 3.4 Inverkan av temperaturdifferensen ( $\Delta T$ ) på lagrets verkningsgrad.

Diagrammet gäller ett lager med mäktigheten ( $H$ ) = 6 m och vid en arbetstemperatur ( $\Delta T$ ) = 20°C. Ökas lagermäktigheten ökar också verkningsgraden enligt tidigare diagram, figur 3.1. Detsamma gäller också om arbetstemperaturen ( $\Delta T$ ) vidgas. Detta framgår av diagrammet figur 3.4.

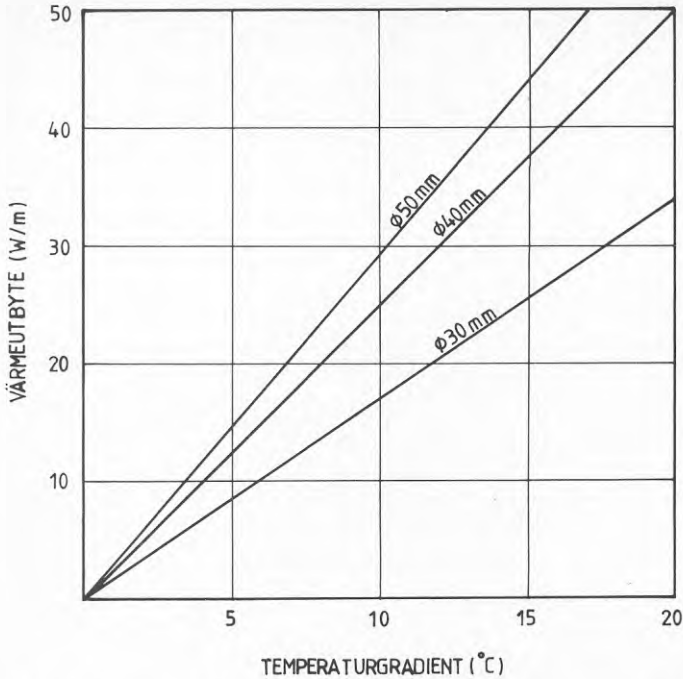
### 3.4 Slangavstånd kontra värmeöverföring och verkningsgrad

Som nämnts tidigare har vi av olika skäl valt att som värmeväxlare använda plastslangor som trycks ned i torven, se vidare avsnitt 2.1.

Torvjordarternas låga värmeledningsförmåga, se bl a tidigare tabell 1.1, ställer krav på en stor värmeväxlande yta. Detta betyder att avståndet mellan slangarna (c/c-avståndet) måste hållas litet om man samtidigt vill upprätthålla en god värmeöverföring och verkningsgrad.

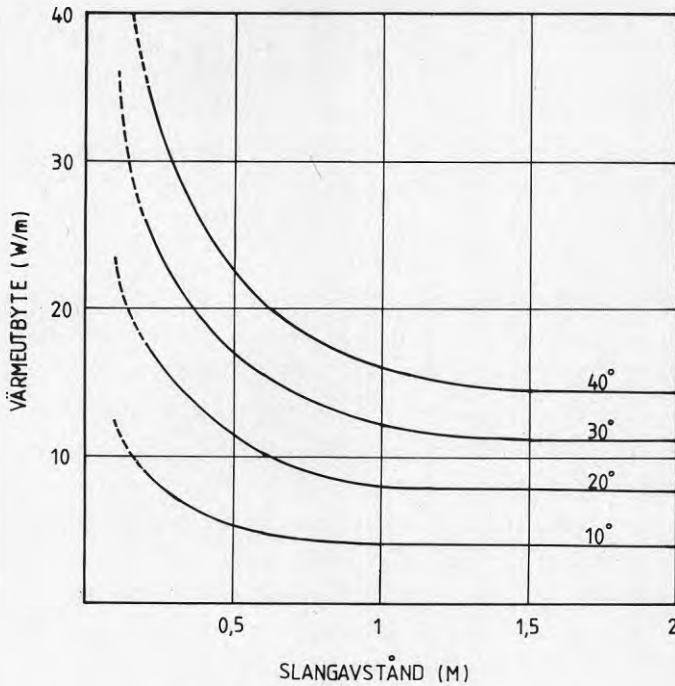
Generellt gäller att PEH-slangar har betydligt bättre värmeöverföringsegenskaper än den omgivande torvmarken, oavsett vilken slangdimension som väljes. Som figur 3.5 visar är värmeöverföringen, här uttryckt som  $W/m$  slanglängd, i huvudsak en funktion av temperaturdifferensen mellan vätskan inuti slang- en och omgivningen utanför slang- en.

Eftersom torvens värmeledningsförmåga understiger slangens kan figurdiagrammet också sägas visa den maximalt möjliga värmeöverföringseffekten per meter slang vid några olika slangdimensioner och vid olika temperaturgradienter. En sådan värmeväxling kräver dock att slangarna ligger mycket tätt, vilket i praktiken knappast är tillämpligt.



Figur 3.5 Värmeöverföring som funktion av temperaturgradient från slang till omgivning vid flödes hastigheten  $V = 0,5 \text{ m/s}$ . Kurvan gäller ytförstorad PEH-slang typ Agro-Drip.

Ökas avståndet mellan slangarna fås två negativa konsekvenser, dels minskar värmeöverföringseffekten per slanglängd, dels minskar lagrets verkningsgrad till följd av att lagringsvolymen ökar. Som framgår av figur 3.6 kan visserligen värmeöverföringseffekten delvis kompenseras genom en ökad temperaturgradient, men detta får till resultat att värmekvaliteten sjunker.



**Figur 3.6** Värmeutbyte mellan slangsystem och torvmark som funktion av slangavstånd vid några olika temperaturgradienter. Kurvorna gäller slangdimensionen  $\varnothing$  40 mm.

Samtidigt ökar lagrets volym, vilket medför att värmeförlusterna ökar. Det sistnämnda förhållandet avspeglar sig beräkningsmässigt i att lagrets verkningsgrad försämras med i storleksordningen 20 % om slangavståndet ökas från 0,1-1 m för ett lager med effektstorleken 1 MW, lagermäktigheten (H) 6 m, arbetstemperaturen ( $\Delta T$ ) 20°C och medeltemperaturen ( $T_m$ ) 40°C.

Som framgår av figur 3.6 inverkar slangavståndet på värmeutbytet endast i intervallet fram till drygt en meter. Samma sak gäller i stort sett också bortfallet i verkningsgrad. Det spelar med andra ord ur dessa synvinklar mindre roll om slangavståndet är två, fem eller tio meter, däremot är det stora skillnader om avståndet väljes till 0,2, 0,5 eller 1,0 meter.

Av värmetekniska skäl är det av ovan sagda önskvärt att ha tätt liggande slangar. Mot detta kan dock ställas praktiska och ekonomiska aspekter, vilka i slutänden leder till en optimeringssituation, där man måste väga in kostnaden per slangmeter, kostnaden för och tillgång på inlagringseenergi, krav på energikvalité i nyttjandeleddet m m. Någon sådan optimering har inte gått att utföra inom ramen för detta projekt, men borde bli föremål för granskning vid en eventuell fortsatt projektutveckling.

### 3.5

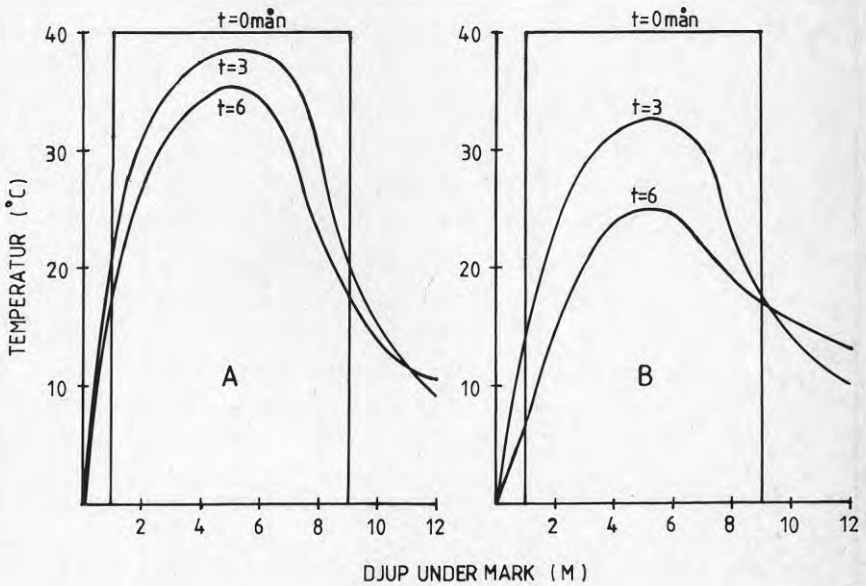
#### Utformning och dimensionering i sammanfattning

Parameterstudierna har visat att man med hänsyn till lagrets verkningsgrad kan dra följande generella slutsatser.

- I första hand bör torvmarker av högmossotyp väljas.
- Lagret bör lokaliseras till de mosspartier som har störst mäktighet.
- Lagrets effektstorlek, beräknat som urladdningseffekt, bör vara minst 0,5-1 MW.
- Inlagrings- och urladdningstemperaturerna bör hållas så låga som möjligt.

- Värmeväxlingssystemet bör bestå av nedtryckta plastslingor med så litet c/c-avstånd som möjligt.

Vikten av att man ur verkningsgradsynpunkt bör välja en mossmark av högmosssetyp illustreras i figur 3.7. Det isolerande vitmosstäcket medger enligt figurens beräkningsexempel 20-30 % bättre verkningsgrad än när detta skikt saknas.



Figur 3.7 Värmeförlust efter 3 resp 6 månaders lagring i (A) högmosse med 1 m isolerande vitmossa varunder 8 m torv och (B) i ett lika mäktigt kärr som saknar vitmossetäcke

Vad gäller inlagrings- och urladdningstemperaturerna kan dessa i princip drivas så lågt att några värmeförluster över huvud taget inte uppstår. Man har då en medeltemperatur som sammanfaller med atmosfärens

årsmedeltemperatur. Rent teoretiskt kompenseras i detta fall värmeförlusten efter laddning av ett naturligt värmetillskott efter urladdning.

Man kan också tänka sig passera denna jämviktsgräns och låta lagret arbeta med temperaturer som medger frysning. Det blir då närmast att likna vid ett kemiskt lager där man vid värmeinlagring och urladdning utnyttjar det s k frysvärmet. Lagrets specifika volym (effekt/volymsenhet) blir i detta fall betydligt mindre än vid arbetstemperaturer över fryspunkten, teoretiskt 80 ggr mindre. Eftersom lagrets medeltemperatur ligger vid  $+0^{\circ}\text{C}$  fås dessutom ett naturligt tillskott av värme.

Mot alltför låga lagringstemperaturer och i extremfallet, alltså frysning typ ytjordvärme, talar dock att en låg uttagstemperatur måste höjas till en betydligt högre nivå med hjälp av värmepump. Den vinst i lagerverkningsgrad som en låg lagringstemperatur medför äts alltså upp av en sämre verkningsgrad på värmepumpsidan. Några försök att utifrån dessa frågeställningar optimera lagringstemperaturen har dock inte gjorts i denna studie.

#### 4. LAGRINGSKAPACITET MED ÖPPET SYSTEM

##### 4.1 Beräkningsförutsättningar

Utgående från ett tekniskt system enligt tidigare figur 2.6 är det av intresse att studera hur stor vattenmängd som kan cirkuleras i systemet. Detta ger också svar på med vilken termisk effekt ett sådant lager kan arbeta.

För de hydrauliska beräkningarna har följande ingångsdata använts:



- brunnsrören har lagts med ett c/c-avstånd av 10 m och på ett djup av 3 m
- mossmarken är 5 m djup och genomsläppligheten är genomsnittligt  $10^{-5}$  m/s.
- grundvattennivån antas ligga 0,5 m u my

Beräkningsmässigt har systemet lagts ut för en yta av ett ha.

Vad gäller de termiska beräkningarna har samma ingångsdata som använts för slutna system använts.

#### 4.2 Genomströmningskapacitet

Med hjälp av Darcy's lag kan flödet (Q) mellan ett infiltrations- och uttagsrör beräknas enligt

$$Q = k \times i \times A \quad (1)$$

där A = genomströmningsarean ( $m^2$ )

k = hydraulisk konduktivitet (m/s) och

i = flödesgradienten

Tillåtes grundvattennivån över infiltrationsröret tangera markytan blir avsänkningen över uttagsröret 0,5 m. Detta ger en gradient (i) av 0,1. Med 5,0 meters strömningsaktiv area mellan rören kan flödet (Q) för varje löpmeter beräknas enligt ekv (1) till

$$Q = 10^{-5} \times 0,1 \times 5 = 5 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

I ett system utlagt för ett ha blir längden på uttags- och injektionsrören 500 m respektive, vilket ger ett totalt genomströmningsflöde av  $5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$  eller 5 l/s.

#### 4.3 Lagringskapacitet m m

Hur lagret med öppet system kommer att fungera termiskt är i stora stycken analogt med förhållandena gällande slutna system. Den parameterstudie gällande verkningsgrad m m som redovisats för det slutna systemet i avsnitt 3 gäller således i stort också det öppna systemet.

En skillnad av betydelse är dock att den effekt varmed det öppna lagret kan laddas respektive urladdas begränsas med hänsyn till genomströmningsskapaciteten. Baserat på beräkningen ovan, som visar ett maximalt flöde om 5 l/s, blir effekten ca 20 kW x °C. Med ett  $\Delta T$  av låt säga 20°C blir lagrets maxeffekt ca 400 kW/ha.

Jämfört med det slutna systemet är det också troligt att ett öppet system kommer att leda till förhållandevis större värmeförluster. Detta hänger samman med att lagret dels blir mer tillplattat eftersom lågpermeabla dy- och gyttjelager inte involveras aktivt och dels kommer närmare atmosfären eftersom det av hydrauliska orsaker måste tangera markytan. Det sistnämnda förhållandet innebär att det "isolerande vitmosstäcket" inte får samma positiva inverkan på värmeförlusterna som i ett slutet system.

### 5. PÅVERKAN PÅ EKOSYSTEMET

#### 5.1 Produktion och nedbrytning i orörd torvmark

Myrar kan indelas i många olika typer beroende på vegetation, hydrologi och geologisk uppbyggnad. Kärr som försörjs av näringsrikt fastmarksvatten kan vara högproduktiva ekosystem, medan mossar som huvudsakligen försörjs av nederbördsvatten är mycket lågproduktiva. Den myrtyp som är mest lämpad för värmelagring är högmossen. Nettoprimärproduktionen har på mossar i England, Sovjet och Finland uppmätts till 300-600 g/m<sup>2</sup> årligen. Med nettoprimärproduktion

avses den växtbiomassa som bildas under en viss tidsenhet och är tillgänglig för växtätare eller nedbrytare.

I ett orört myrekosystem går den största delen, 60-80 %, av primärproduktionen direkt till nedbrytarorganismerna. Genom urlakning och erosion försvinner ca 10 % av primärproduktionen till vattendragen nedströms, huvudsakligen i form av humussyror (Pakarinen 1976). Endast 4-7 % av primärproduktionen tillgodogörs av växtätare. Den återstående delen av primärproduktionen, ca 10 %, accumuleras i myrmarken och bidrar därmed till myrens tillväxt. Enligt beräkningar som gjorts på ett fåtal uppskattningar accumuleras i medeltal ca 30 g biomassa per m<sup>2</sup> årligen i den tempererade zonen (Pakarinen, 1975). Tillväxthastigheten under senare årtusenden har i medeltal beräknats till 0,5 mm/år (Tolonen, 1973).

Det organiska materialet bryts ner av bakterier och svampar till enklare organiska föreningar som i sin tur bryts ner, mineraliseras, till oorganiska ämnen. Först bryts sockerarter, stärkelse och organiska syror ner. Proteiner bryts ner till peptider, aminosyror och slutligen till ammonium. Cellulosa och lignin är svårnedbrytbart och tar därför lång tid att bryta ner. Nedbrytningen beror inte bara på mängden organiskt substrat utan också på mängden näringsämnen, vitaminer och tillväxthämmande metaboliska produkter.

I det aeroba ytskiktet går nedbrytningen relativt snabbt. Det stillastående myrvattnet gör dock att det aeroba skiktet är mycket tunt. Redan på 30 cm djup råder i allmänhet syrebrist.

Nedbrytningen fortgår även i den syrefria miljön under mossens ytskikt, men betydligt långsammare. Av

de anaeroba bakterier som förekommer i torv är metanbakterierna de mest studerade. Metanbakterier bryter ner nedbrytningsprodukter från det aeroba skiktet som ättiksyra och propionsyra till metan. Metan löser sig i vattnet och hämmar delvis metanbakteriernas aktivitet genom att metanet bildar ett skikt kring cellytan som hindrar näringstillförseln. Metanbakterieaktiviteten avtar med djupet i en myr på grund av minskad tillgång på näring från ytskiktet. Tidsfaktorn medför dock att de djupare torvskikten i allmänhet är mer nedbrutna, humifierade, än de övre.

Under nedbrytningens förlopp, där flera olika bakteriesystem angriper olika ämnen i växtmaterialet, förändras växtmaterialets sammansättning.

Tabell 5.1 Växtmaterialets sammansättning i olika förmultningsstadier (från NE 1977:1)

	H 1-2 Lågför- multnad % i me- deltal	H 5-6 Medelför- multnad % i me- deltal	H 9-10 Högför- multnad % i me- deltal
Cellulosa	15-20	5-15	-
Hemicellulosa	15-30	10-25	0- 2
Lignin och liknande	5-40	5-30	5-20
Humusämnen	0- 5	20-30	50-60
Bitumen (vaxer och hartser)	1-10	5-15	5-20
Kvävehaltiga ämnen (räknade i proteiner)	3-14	5-20	5-25

Förmultningsgraden i en torvprofil ökar dock inte kontinuerligt med djupet. Eftersom nedbrytningshastigheten delvis beror på växtmaterialets ursprung kan ett lågförmultnat skikt ligga under ett skikt med hög humifieringsgrad. Kärlväxter utom Eriophorum och

Carex förmultnar i allmänhet betydligt snabbare än mossor. Vitmossor är speciellt svårnedbrytbara. Det olika skiktens tjocklek, nedbrytningsgrad och sammansättning av växtrester speglar klimatförhållandena under mossens bildning.

## 5.2 Värmelagrets inverkan på produktion och nedbrytning

I torvmarker är temperaturen, utom vid ytan, jämn året om. Från ca 1 m djup och nedåt är temperaturen 6-7°C i mellansvenska torvmossor. Tjälén når inte så djupt i torvmark som i fastmark. Å andra sidan tinar tjälén något senare på våren i torvmark.

Genom försök inom det svenska IBP Tundra Biomet har man visat att mer än 50 % av kolmineraliseringen i torv över permafrost kan gå över metan. I det skikt där metanbildningen är som störst är temperaturen sällan högre än 10°C. Vid laboratorieförsök med tundratorv har det visat sig att metan bildas vid temperaturer från 2 till 52°C. Metanbildningen var högst vid 20°C men hade också en puckel vid 28°C. Det kan bero på att två metanbakteriepopulationer med olika temperaturoptima förekom i torven. Vid laboratorieförsök med vitmossetorv från Uppland producerades metan i temperaturintervallet 2 till 37°C med en tydlig puckel vid 10°C (Martinell, 1981).

Försöken visar att metanbakteriernas temperaturoptima kan ligga betydligt högre än omgivningens temperatur. Även kvävemineraliseringen är temperaturberoende. Kväve i tundratorv mineraliseras dubbelt så snabbt vid inkubation i 20°C som vid inkubation vid 10°C (Roswall & Granhall, 1980).

Det är därför troligt att nedbrytningshastigheten ökar vid värmelagring i torv. I de varmaste delarna av värmelagret är det troligt att nedbrytningshastig-

heten minskar till en början. Om temperaturfluktuationerna inte blir för stora är det dock möjligt att nya bakteriestammar med högre temperaturoptima utvecklas. Temperaturoptima för tillväxt och metanproduktion i renkulturer av metanbakterier ligger på 30-45°C respektive 55-75°C (Bryant, 1974; Wolfe, 1971; Taylor 1975; Zeikus, 1977). I en ingående temperaturstudie av metanbildning i sediment från Lake Mendota har det visat sig att metan produceras vid temperaturer mellan 5 och 55°C med optimum mellan 35 och 45°C (Zeikus & Winfrey, 1976).

Bakterieaktiviteten kan ungefärligen fördubblas vid en temperaturhöjning på 10°C, det har bl a försök med råslam visat (Rudolfs, 1927). Vid studium av metanproduktion från sjösediment från Lake Mendota erhöles 45, 225 och 1100 nmol CH<sub>4</sub>/ml vid temperaturerna 4, 10 respektive 20°C (Mc Gregor & Keeney 1973).

Ovan redovisade försök visar att det är mycket möjligt att nedbrytningshastigheten ökar väsentligt om temperaturen i torven höjs. Särskilt en bit från värmelagret där temperaturfluktuationerna blir mindre.

För den bakteriella nedbrytningen krävs dock inte bara lämpliga temperaturförhållanden, utan också tillgång på näringsämnen vissa pH-förhållanden och att en del hämmande nedbrytningsprodukter transporteras undan. I orörda myrar hindras nedbrytningen av näringsbrist och av att de ämnen som bildas i det aeroba skiktet inte i någon större utsträckning är tillgänglig för bakterierna i de djupare delarna samt av att metanbakteriernas egen nedbrytningsprodukt, metan, ansamlas. Vid värmelagring i torvmark kan dessa hämmande faktorer påverkas.

Den förhöjda temperaturen kan orsaka ökad vattenrörelse i och kring värmelagret. Uppvämt vatten stiger från slangsystemet och flödar åt sidorna i ytskiktet. I de djupare skikten sugs vatten in mot slangsystemet. Dessa vattenrörelser eller s k konvektionsströmmar kan trots att de troligen blir ringa, orsaka en ökad vertikal transport av organiskt substrat, näringsämnen och nedbrytningsprodukter, vilket i sin tur påverkar nedbrytningshastigheten, troligen så att den ökar. En förhöjd temperatur medför också att metan i större utsträckning övergår i gasform, vilket gynnar metanbakteriernas aktivitet.

Effekten av ökad transport av organiskt substrat, näringsämnen och nedbrytningsprodukter blir naturligtvis betydligt större i öppna system än i slutna.

Vid lagringsalternativet med frysning och upptining blir miljöpåverkan annorlunda. Nedbrytningen torde praktiskt taget avstanna så länge lagret är fryst. Frysning av torvmarken kan också orsaka förändringar i markstrukturen som i sin tur påverkar nedbrytningen. Nettoeffekten är svår att förutsäga.

I en del fall kan det bli aktuellt att dika ut myren för att öka det värmeisolerande skiktets tjocklek. Det medför samtidigt att det aeroba skiktet blir tjockare. Den tydligaste effekten kommer att bli förändringar i vegetationen men även avrinningsvatten och nedbrytningen kommer att påverkas. Eftersom nedbrytningen går betydligt snabbare i aerob miljö än i anaerob miljö kommer nedbrytningshastigheten att öka i det övre skiktet. Detta motverkas eventuellt av en ökad produktion.

### 5.3 Värmelagrets inverkan på vegetationen

En orörd högmosse har ofta en kantvegetation av lågvuxen tall och ris som kråkris, lingon, ljung och skvattram. Kantvegetationen avlöses inåt av olika blötare vegetationskomplex i grunda fördjupningar, höljor och låga upphöjningar, tuvor. I höljorna dominerar vitmossor men där finns också bl a siles-hår och tranbär. Tuvorna är ofta klädda av ljung, hjortron, kråkris, rosling m m. Produktionen är låg främst beroende på syrebrist i det stillastående myrvattnet och därefter på grund av brist på fosfor och kalium

De beräkningar som gjorts tyder på att temperaturförändringarna i ytskiktet blir små, se figur 3.7, men att torvmarken ändå inte kommer att tjälas. Även en ringa temperaturförändring kan dock påverka vegetationen märkbart. Många frön kräver en viss period av kyla för att kunna gro. De frön som trots utebliven tjäle gror kan komma att gro för tidigt och därmed riskera frostsador vid köldknäppar. Ovanför värmelagret kan därför artsammansättningen förändras märkbart. Längre ut från värmelagrets centrum blir förändringarna i artsammansättningen mindre.

Ett värmelager medför troligen en ökad mineralisering och transport av närsalter. Detta kan i sin tur ha en produktionshöjande effekt på växtligheten.

Dikning som utförs för att öka ytskiktets värmeisolerande förmåga, har stor inverkan på artsammansättningen och produktionen. Dessa effekter är emellertid ganska väl kända. Den ursprungliga mossvegetationen ersätts av en torrare vegetationstyp med större inslag av ris och igenväxning tilltar.



#### 5.4 Värmelagrets inverkan på nedströmsområdet

I de fall då torvmarken dikas ut torde detta ha betydligt större effekter på nedströmsområdet än vad själva värmelagret får. Dikning påverkar nedströmsområdet genom att avrinningen och avrinningsvattnets kvalitet förändras. Effekterna är störst de första åren efter dikningen. I allmänhet ökar då avrinningen och avrinningsvattnet blir surare och grumligare. Detta kan bl a leda till sämre fiskproduktion i nedströmsområdet. Genom att anlägga sedimentationsdammar eller genom att låta avrinningsvattnet infiltrera nedanförliggande torvmarker kan de negativa effekterna begränsas avsevärt.

Förändringar i torvmarkens temperatur, grundvattenstånd, nedbrytning och vegetation kan också, teoretiskt sett, påverka avrinningen och avrinningsvattnets kvalitet. En ökad nedbrytning kan t ex leda till ökade halter av närsalter och humusämnen. I de flesta fall torde dock värmelagrets volym i förhållande till torvmarkens totala volym bli så liten att någon påverkan på avrinningsvattnet inte är trolig.

### 6. POTENTIALASPEKTER

#### 6.1 Bruttopotential

Det har tidigare angivits (avsnitt 1.1) att landets samlade torvmarksareal (kärr, myrar och mossar) uppgår till ca 3,25 milj ha. En trolig medelmåktighet torde ligga mellan 2 och 3 m.

Som en teoretisk bruttopotential skulle man i dessa torvmarker kunna lagra i storleksordningen 1000 MWh/ha vid arbetstemperaturen 20°C, eller totalt i landet drygt 3000 TWh. Efter 6 månaders lagringstid skulle ca 2000 TWh kunna återvinnas, resten är förluster.

I praktiken begränsas emellertid denna bruttopotential avsevärt om hänsyn tas till krav på torvmarkstyp, mäktighet, närhet till värmeproducent och konsument, naturvårdsintressen m m. Till vilken grad är emellertid idag omöjligt att uttala sig om, eftersom det inte finns något bra underlag till sådana beräkningar.

Vad som dock går att belysa är den ur potentialsynpunkt kanske viktigaste faktorn, nämligen torvmarkernas läge i förhållande till tätbebyggelse, vilket behandlas nedan.

## 6.2 Närhet till tätbebyggelse

För att ett torvmarkslager skall vara ekonomiskt konkurrenskraftigt måste det placeras i relativ närhet till en värmeproducent/värmeconsument. Detta innebär att en för lagring lämplig torvmark skall finnas inom en viss ledningsekonomiskt avgränsad radie från en värmeproduktionsanläggning/värmenyttjare.

Hur stor radien blir varierar naturligtvis från objekt till objekt. Det kan dessutom vara så att torvmarkslagret blir en lokalisering faktor för placering av ett värmeproduktionssystem eller för bebyggelse som skall utnyttja lagret.

I flertalet fall kan man räkna med att ett lager lokaliseras till kransområdet runt en tätort. Här finner man ofta större industriområden, hetvattencentraler till fjärrvärmenät samt gruppcentraler till bostadsgrupper, samtliga av intresse för värme-lagringsteknik.

Potentialen för värmelagring i torvmarker belägna nära bebyggelse och industri är stor inom vissa delar av landet. Inom västra Götaland, norra Svea-

land och i Norrlands inland, kan man utan svårighet hitta många hundra samhällen och industrier med större och mindre torvmarker inpå knutarna. Inom andra delar är andelen torvmarker i nära anslutning till bebyggelsen liten. Förframför allt gäller detta vissa större slättområden samt de stora älvdalarna.

Figur 6.1-6.3 illustrerar förekomst av större och mindre torvmarker inom områden som i övrigt är antingen torvmarksfattiga eller torvmarksrika. Figurerna ska endast ses som en illustration av torvmarkstillgången nära bebyggelse och industri utan hänsyn till mäktighet och andra för värmelagring betydelsefulla förutsättningar.

För att i någon mån belysa potentialen i anslutning till tätorterna har en grov kartläggning och arealberäkning gjorts för sex tidigare torvinventerade län. Dessa är Kristianstads, Kronobergs, Hallands, Jönköpings, Älvsborgs och Värmlands län.

Som underlag har kartor, sammanställda av SGU, använts (NE 1982).

Med tätort menas i denna analys en ort med minst ca 5 000 invånare.

Två avstånd från tätorten har valts, 2 resp 5 km radie från tätortens yttre bebyggelsegräns, såsom den anges på den topografiska kartan, skala 1:50 000. I angiven torvmarksareal ingår endast torvmarker med ytan >50 ha.

Resultatet av beräkningen visas i tabell 6.1.



Figur 6.1 Exempel på förekomst av mindre torvmarker i anslutning till bebyggelse inom torvmarksfattiga områden



**Figur 6.2** Exempel på förekomst av torvmarker i anslutning till bebyggelse inom torvmarksrika områden



**Figur 6.3** Exempel på förekomst av torvmarker i anslutning till bebyggelse inom torvmarksrika områden

Tabell 6.1 Torvmarksareal i anslutning till tätbebyggelse

Län	Tot areal > 50 ha exkl naturskyddat	Areal $\leq$ 5 km från tätort ha	%	Areal $\leq$ 2 km från tätort ha	%
Kristianstad	13 000	1 900	15	700	5
Kronoberg	45 000	8 300	18	2 800	6
Halland	14 000	1 800	13	700	5
Jönköping	42 000	7 200	17	2 900	7
Älvsborg	25 000	2 200	9	700	3
Värmland	34 000	1 600	5	600	2
Sammantaget	173 000	23 000	13	8 400	5

Som framgår av tabellen har de undersökta sydsvenska länen en relativt hög procentandel torvmarker i anslutning till tätbebyggelse. I genomsnitt finns ca 15 % inom femkilometersradien och ca 5 % inom radien två kilometer. Motsvarande siffror för de två mellansvenska länen är ungefär halverade trots stora torvmarksarealer totalt sett. De låga procenttalen antyder i stället att det i dessa län är glest mellan tätbebyggda områden.

Andra länsvisa inventeringar i mellansverige, bl a Skaraborgs, Örebro, Västmanlands och Uppsala län visar vid en översiktlig analys att man i dessa län har en tätortsanknuten torvmarksandel runt 10-12 % med radien 5 km och 3-5 % med radien 2 km.

Går man längre norrut till Gävleborgs, Jämtlands och Västmanlands län blir motsvarande procentandelar låga, något som också tros gälla övre Norrland.

Ett kanske bättre mått på lagringspotentialen, särskilt i glesbygd, är att fråga sig hur stor andel av tätorterna som har närbelägna mossmarker.

I de sex län som detaljgranskats i detta avseende är det i genomsnitt hälften av tätorterna som har en eller flera torvmarker större än 50 ha inom 5 km radie och ungefär en fjärdedel har torvmarker på högst 2 km avstånd, se tabell 6.2.

Tabell 6.2 Andelen tätorter som har torvmarker inom avstånden 5 respektive 2 km

Län	%-andel 5 km	%-andel 2 km
Kristianstad	38	23
Kronoberg	70	26
Halland	42	20
Jönköping	64	30
Älvsborg	48	20
Värmland	50	19
Genomsnitt	52	23

Sannolikt återspeglar siffrorna ett förhållande som i stora drag gäller hela landet.

Genom att också små torvmarker (<50 ha) kan användas för lagringsändamål är lagringspotentialen i själva verket betydligt större än vad siffermaterialet ovan visar. I större delen av landet, nämligen de områden som på figur 1.1 har fullfärgstäckning och snedstrecksraster, är det svårt att hitta tätorter som inte har någon eller några små torvmarker in på knutarna, se också figur 6.1 för illustration.



## 7. LAGERKOSTNADER

### 7.1 Slutet system

#### 7.1.1 Anläggningsinvestering

De investeringar som krävs för ett torvmarkslager kan i stora drag uppspaltas i

- kartläggningskostnader
- materialkostnader
- läggningskostnader
- projektering m m

Härtill kan dock komma kostnader för marklösen, byggräntor m m, vilka dock inte medräknats i föreliggande investeringskalkyl.

Då man skall välja en ur lagringssynpunkt lämplig del av en given torvmark krävs att torvmarken kartläggs vad avser mäktighet och uppbyggnad. Flera fältundersökningsmetoder är för ändamålet tänkbara. Vi har dock valt att göra en kostnadsberäkning där mäktighet och lagerstrukturer dokumenteras med georadar och där torvlageruppbyggnaden bestäms genom provtagning i enstaka punkter.

Två detaljnivåer ingår i det tänkta fallet, en översiktlig kartläggning av en hel torvmark och därefter en detaljerad kartläggning av det område som skall användas som lager.

Den översiktliga kartläggningen innebär en linjesondering med 25 m mellan linjerna, vilket innebär 400 m kontinuerlig registrering per ha. Enligt uppgift från Scanrad AB, som utför georadarundersökningar, är kostnaden ca 3000:-/km profillängd. En mosse om 100 ha skulle kräva en profillängd av 40 km och således dra en kostnad runt 120 000:-, d v s

1200:-/ ha. Inkluderas provtagning och jordartsbestämning i en punkt på var 10 ha blir kostnaden ca 1500:-/ha.

En detaljundersökning med 10 m mellan profillinjerna och med två provtagningspunkter per ha skulle på samma beräkningsgrunder kosta ca 3500:-/ha, vilket jämfört med material- och läggingskostnaderna, se nedan, närmast är en försumbar investeringspost.

Den helt dominerande materialkostnaden ligger på slangar och slangkopplingar. Om man väljer ett c/c-avstånd av 1,0 m och om lagrets mäktighet sätts till 6 m, blir erforderlig slanglängd ca 70 km/ha.

Väljes en PEH-slang  $\emptyset$  40 mm blir kostnaden enligt intagna prisuppgifter ca 195 000:-/ha inklusive frakter m m och med hänsyn till mängdrabatt. I dimensionen  $\emptyset$  25 mm blir motsvarande pris ca 170 000:-/ha.

Läggingskostnaden innefattar främst nedtryckning av slangarna. Denna kostnadspost är svår att uppskatta eftersom någon särskild teknik inte utvecklats.

Vi föreställer oss dock att nedtryckningen föregås av att torven först skärs och att därefter slangens trycks ned maskinellt med hjälp av ett specialtillverkat fordon. En jämförelse med andra entreprenadmaskiner för slang- eller rörläggning gör det rimligt att antaga en läggingshastighet runt 2 000 m/dag. Detta skulle indikera en läggingskostnad runt 100 000:-/ha vid en maskinhyra inkl arbetskraft om ca 3 000:-/dag.

Slutligen skall det till investeringen också räknas in kostnadspost för projektering, kontroll, marklösen m m. Denna har inte gått att beräkna, men som riktvärde har satts ca 10 % av den totala anläggningskostnaden.

Den totala investeringsbilden enligt ovan är sammanfattad i tabell 7.1.

Tabell 7.1 Beräknad investeringskostnad per ha lageryta för ett slutet system

Investeringspost	Kostnad/ha (kr)
Kartläggning	5 000
Material	170 000
Installation	100 000
Projektering m m	25 000
<b>Totalt</b>	<b>300 000</b>

#### 7.1.2 Specifik investerings- och energikostnad

På ovan redovisade beräkningar och bedömningar kan en specifik investeringskostnad beräknas ligga runt 300 000:-/ha.

Enligt diagrammet, figur 3.2, krävs en ytradie av ca 90 m för ett lager med 6 m mäktighet och vars urladdningseffekt är 1 MW. För denna effektstorlek behövs således en yta av ca 2,5 ha. Om slangavståndet sätts till 1 m fås extra värmeförluster som gör att lagringsvolymen ökar med ca 20 % (se avsnitt 3.4) till ca 3 ha. Anläggandet av lagret skulle i ett sådant fall rendera i en total investering av ca 900 000:-.

Den specifika investeringen för ett lager med arbetstemperaturen 20°C och urladdningseffekten 1 MW blir på dessa grunder 900:-/kW.

Mot en inlagring av i storleksordningen 7 800 MWh under halva året kan ungefär 4 400 MWh återhämtas under årets resterande 6 månader. Används den återvunna värmen som mått på specifik lagringskostnad fås en kostnad motsvarande ca 0,20 kr/kWh.

Ett annat sätt att visa lagringskostnad utan hänsyn till verkliga kapital- och driftskostnader är att relatera anläggningskostnaden till lagringsvolymen. I jämförelse med andra lagringssystem hamnar då torvmarkslagret med 200 000 m<sup>3</sup> (1 MW) för 0,9 milj kronor på en framskjuten plats. Dessa ca 5:-/m<sup>3</sup> kan exempelvis jämföras med cisternlagrens (Ingelstad, Lambohov) ca 500:-/m<sup>3</sup>, eller med bergrumslagrens ca 100:-/m<sup>3</sup>. Mer i paritet med torvmarkslagret ligger större akviferlager som drar en investeringskostnad av ca 10:-/m<sup>3</sup>.

## 7.2 Öppet system

### 7.2.1 Anläggningsinvestering

Liksom i fallet med slutet system krävs motsvarande kartläggningsarbeten för att lokalisera en anläggning med öppet system. Omfattningen är likvärdig och drar en kostnad av ca 5000:-/ha enligt tidigare visad beräkningsgrund.

Om man väljer ett c/c-avstånd av 10 m mellan brunnsrören och med dubbla rör för uttag krävs det 1500 m rör totalt per ha lagringsyta, se vidare avsnitt 4.2 och figur 2.6. Den beräknade materialkostnaden för Ø 4" PVC-rören inklusive filter är ca 95 000:-.

Med antagandet att man lägger 50 m rör per dag blir läggingskostnaden med en dygnskostnad av 3000:- för maskin och arbetskraft ca 90 000:-.

Kostnaden för projektering m m ansätts till 10 % av anläggningskostnaden eller ca 20 000:-.

Den totala investeringen blir på dessa grunder ca 210 000:-/ha och har sammanfattats i tabell 7.2.

Tabell 7.2 Beräknad investeringskostnad per ha lageryta för ett öppet system

Investeringspost	Kostnad per ha (kr)
Kartläggning	5 000
Material	95 000
Installation	90 000
Projektering m m	20 000
<b>Totalt</b>	<b>210 000</b>

#### 7.2.2 Specifik investerings- och energikostnad

Den specifika investeringen i lagret har enligt ovan beräknats till ca 210 000:-/ha nyttjad yta.

För ett lager med 6 m mäktighet krävs en ytradie av 90 m för att urladdningseffekten skall vara 1 MW, se figur 3.2. Den torvmarksyta som behövs blir ca 2,5 ha. Med de ökade värmeförlusterna som lagringstekniken medför har erforderlig yta dock bedömts vara ca 40 % större än det ideala förhållande figuren illustrerar, dvs 3,5 ha. Investeringen i ett lager med 1 MW urladdningseffekt blir då ca 735 000:-, eller 735:-/kW.

Med arbetstemperaturen 20°C kan ca 9300 MWh inlagras under 6 månader och ca 4400 MWh återhämtas under resterande del av året. Den specifika lagringskostnaden beräknad på återvunnen värme blir ca 0,18 kr/kWh.

## 8. FÖRSLAG TILL FORTSATT VERKSAMHET

Denna förstudie visar att förutsättningarna är goda för aktiv värmelagring i torvmark. Kostnadsmässigt är torvmarkslagret ett av de billigaste alternativen. Potentialen för denna lagringsform bedöms vara stor för vissa delar av landet och man kan utan svårighet hitta många hundra samhällen och industrier i nära anslutning till en lämplig torvmark.

Mot bakgrunden av vad som framkommit i förstudien föreslås att såväl system med öppen som sluten lagringsteknik prövas i praktiskt utförande. Man bör då också välja ett par olika torvmarkstyper, företrädesvis en högmosse och ett kärr.

Syftet med de praktiska försöken är att belysa:

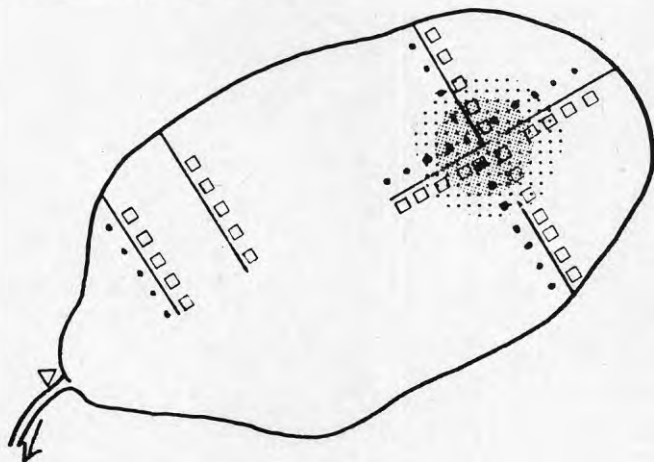
- med vilken verkningsgrad olika mossmarker kan användas för värmelagring och då vid olika temperaturnivåer
- med vilken teknik värmeväxlingen med torvmarken lämpligast utförs och då med hänsyn till torvjordarternas egenskaper.

I samband med de praktiska försöken bör en annan för tillämpningen mycket viktig frågeställning behandlas, nämligen vad som händer med det organiska materialet då det värms upp och vilka de ekologiska effekterna blir av lagringen.

I det följande föreslås ett kombinerat kontrollprogram för såväl termiska som ekologiska parametrar. Programmet är tillämpligt både för öppen och sluten lagringsteknik.

Där försöksanläggningen placeras undersöks de olika torvlagrens humifieringsgrad, sammansättning och mäktighet liksom hela torvmarkens utbredning, geometri och avrinningsförhållanden. Temperaturgradien-

ten beräknas och provpunkter placeras utmed en eller flera linjer genom värmelagret tills normala temperaturförhållanden beräknas råda. Avstånden mellan provpunkterna bestäms så att det blir ca 5°C temperaturskillnad mellan varje provpunkt i det skikt där värmen breder ut sig längst. Principiell utläggning framgår av figur 8.1.



- Värmelager
- Provruta för växtstudier
- Temperatur- och nivåmätning.  
Torvprov och torvvattenprov
- ▽ Vattenföring och vattenprov

Figur 8.1 Principiell utläggning av kontrollprogram för ett värmelager i torvmark

Vid varje provpunkt sätts ett observationsrör där temperatur och vattennivån mäts. Torvprov och vattenprov tas i varje skikt. Torvprovets termiska egenskaper och humifieringsgrad bestäms. Vattenproverna analyseras på pH, ledningsförmåga, närsalter, sulfat, alkalinitet och metan. Provtagningsprogrammet bör vara intensivt det första året, torvanalyser

behöver dock endast utföras 1 gång/år. Om förändringarna visar sig vara små eller gå långsamt kan man sedan reducera antalet provtagningspunkter, provtagningsstillfällena och parametrar.

Vegetationsstudierna bör helst utföras så att effekterna av temperaturförändringar och anläggningsarbete kan separeras. I en profil studeras den sammanlagda effekten av temperaturförändringar och anläggningsarbeten. I en profil utanför värmelagret studeras enbart effekten av anläggningsarbete genom att vegetationen skadas på motsvarande sätt. Referensstudier görs i en helt opåverkad profil. Utmed varje profil markeras ett antal kvadratmeterstora rutor. Antalet rutor beror på hur varierande den naturliga vegetationen är och på vilken temperatur lagret laddas till. Rutoras växtlighet inventeras och täckningsgraden av varje art anges. Förändringarna i växtligheten bör dessutom dokumenteras med hjälp av stereofotografering. Rutorna undersöks 1 gång/mån under vegetationsperioden.

För att kunna avgöra om värmelagret kan påverka nedströmsområdet bör avrinningen och avrinningsvattnets kvalitet studeras. Vattenföringen bör mätas regelbundet i de bäckar som kan påverkas av värmelagret. Vattenkvaliteten bör undersökas dels strax nedströms värmelagret, dels i något lämpligt referensvattendrag. Parametrar: pH, ledningsförmåga, färgtal,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{N}_{\text{tot}}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$ ,  $\text{P}_{\text{tot}}$  och  $\text{SO}_4^{2-}$ .

Erhållna temperaturdata används för att beskriva lagrets termiska funktioner. Minst två lagringscykler bör genomföras för att få dataunderlag till beräkning av den långsiktiga funktionen och verkningens graden. Detta studeras med hjälp av en termohydraulisk modell som utvecklas i samband med försöken.



## REFERENSER

- BRYANT, MP. 1974. Methane producing bacteria.- In: Buchanan, R.E. & Gibbons, N.E. (eds.) Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 8th ed. pp 472-477. Baltimore: Williams & Wilkins Co.
- GRANHOLM, H. 1971. Om frostens nedträngande i marken. CTH, Handlingar nr 332
- HUIKARI, O. 1959. Feldmessaresultat über die Wasserdurchlässigkeit von Torfen. Comm. Inst. Forest. Fenn 51:1
- JOHANSEN, Ø. 1975. Thermal conductivity of soil and rock Frost i jord nr 16, Oslo 1975.
- KAUNISTO, S. and NORLAMO, M. 1976. On nitrogen mobilization in peat. 1. Effect of liming and rotavation in different incubation temperatures. Helsingfors
- MALMSTRÖM, C. 1923. Degerö stormyr. Meddel. från Statens Skogsförsöksanst. Bd 20
- MCGREGOR, A.N. and KEENEY, D.R. 1973. Methane formation by lake sediments during in vitro incubation.-Water Resources Bull. 9:1153-1158
- MARTINELL, R. 1978. Vyrmetan
- MODIN, B. 1983. Mätuppgifter om torvjordars värmeledning och värmekapacitet. (Muntligt meddelande, VIAK AB, Östersund.)
- NE, 1977. Torv i Sverige. Planeringsrapport 1977:1

- NE, 1981. Torv - resultat utvecklingsläge och förutsättningar. Resultatrapport 1981:5
- NE, 1982. Torvtillgångar i Sverige. Projektresultat 1982:11
- PAKARINEN, P. 1975. Turpeen kerrostumisen osuus hiilen kierrossa. Luonnon Tutkija 79:138-144. 1976. Bogs and peat-producing ecosystems. Int. Peat Soc., Bull. 7/1975, pp. 51-54, Helsinki
- PAIVÄNEN, Y. 1973. Hydraulic conductivity and water retention in peat soils. Acta For. Fenn. 129
- OSVALD, H. 1937. Myrar och myrodling. Kooperativa förb. Bokförlag, Stockholm 1937
- ROSSWALL, T. and GRANHALL, U. 1980. Nitrogen cycling in a subarctic ombrotrophic mire. Ecol. Bull. 30:209-234, Stockholm
- RUDOLFS, W. 1927. Effect of temperature on sewage sludge digestion. Ind. Engng Chem. 19:241-243
- SALMGREN, O. 1978. Utnyttjande av torvmarker och dess följder för torvmarkslandskapets ekologi, klimat och hydrologi, SNV PM 1048
- TAYLOR, G. T. 1975. The formation of methane by bacteria. - Process Biochem, 10 (8):29-31
- WOLFE, R. S. 1971. Microbial formation of methane - Adv. Microbial Physiol. 6:107-146
- ZEIKUS, J. G. and WINFREY, M. R. 1976. Temperature limitation of methanogenesis in aquatic sediments - Appl. Environ, Microbiol. 31:99-107
- ZEIKUS, J. G. 1977. The biology of methane bacteria. - Bact. Rev. 41:514:541

## TORVJORDARTERNAS INDELNING

Torvjordarternas indelning och klassificeras bl a med hänsyn till de växtrester som givit upphov till torvbildningen. De i detta indelningssystem vanligaste torvslagen är

- Sphagnumtorv (vitmosstorv)
- Bryalestorv (brunmosstorv)
- Carexstorv (starrtorv)
- Phragmitestorv (vasstorv)

Dessutom förekommer torvslag som innehåller mer eller mindre rester av

- Eriophorum (tugdun)
- Cyperaceaer (halvgräs utom tuvdun)
- Equisetum (fräken)
- Lignider (vedrester)

Växtrestinnehållet är i praktiken alltid blandat, varför renodlade torvslag enligt ovan knappast förekommer. Vid namngivningen av en viss torv anger man då istället den växtart som dominerar sammansättningen.

Efter det att växterna dött och sedan successivt överlagras av nya växtskikt börjar en nedbrytningsprocess eller förmultning. Beroende på en rad faktorer har förmultningen hunnit olika långt i lagerföljden. Normalt ökar dock graden härav ju djupare ner i mossen man befinner sig. Förmultningsgraden, eller humifieringsgraden som den oftast kallas, klassificeras i en 10-gradig skala enligt von Post.

H<sub>1</sub>: Fullständig ohumifierad och dyfri torv som vid kramning i handen avgår endast färglöst, klart vatten.

- H<sub>2</sub>: Så gott som fullständigt ohumifierad och dyfri torv, som vid kramning avger nästan klart men gulbrunt vatten.
- H<sub>3</sub>: Föga humifierad eller mycket svagt dyhaltig torv, som vid kramning avger tydligt grumligt vatten, men där ingen torvsubstans passerar mellan fingrarna. Kramningsåterstoden ej grötig.
- H<sub>4</sub>: Dåligt humifierad eller något dyhaltig torv, som vid kramning avger starkt grumligt vatten. Kramningsåterstoden något grötig.
- H<sub>5</sub>: Någorlunda humifierad eller tämligen dyhaltig torv. Växtstrukturen fullt tydlig, men något beslöjad. Vid kramning passerar någon torvsubstans mellan fingrarna men dessutom starkt grumligt vatten. Kramningsåterstoden är starkt grötig.
- H<sub>6</sub>: Någorlunda humifierad eller tämligen dyhaltig torv med otydlig växtstruktur. Vid kramning i handen passerar högst 1/3 av torvsubstansen mellan fingrarna. Återstoden är starkt grötig men visar tydligare växtstruktur än den okramade torven.
- H<sub>7</sub>: Ganska väl humifierad eller betydligt dyhaltig torv, i vilken ännu rätt mycket av växtstrukturen kan skönjas. Vid kramning passerar omkring hälften av torvsubstansen mellan fingrarna. Om vatten avskiljes, är detta vällingartat och starkt mörkfärgat.
- H<sub>8</sub>: Väl humifierad eller starkt dyhaltig torv med mycket otydlig synbar växtstruktur. Vid kramning passerar ca 2/3 av torvsubstansen mellan fingrarna. Möjligen avskiljes något, i så fall vällingartat vatten. Återstoden består huvudsakligen av mera resistent rottrådar och dylikt.
- H<sub>9</sub>: Så gott som fullständigt humifierad eller nästan helt dyartad torv, i vilken nästan ingen växtstruktur framträder. Nästan hela torvmassan passerar vid kramning mellan fingrarna som en homogen gröt.

H<sub>10</sub>: Fullständigt humifierad eller helt dy-  
artad torv, i vilken ingen växtstruktur framträder.  
Vid kramning passerar hela torvmassan utan avskiljan-  
de av fritt vatten mellan fingrarna.

I botten av mossarna, sådana av igenväxningstyp, vilar  
vanligen ett mäktigt lager gyttja. Detta härstammar från  
havs- och sjöstadiet i mossens utvecklingshistoria (se figur  
1.4) och består huvudsakligen av bottensedimenterade mikro-  
organismer.

I övergångszonen nedåt är gyttjan oftast blandad med minero-  
gent finkornigt material och kallas då för lergyttja. I den  
övre delen av gyttjelagret finns vanligen en inblandning av  
växtrester från vass, alltså en övergång med gyttjig vass-  
torv innan de gyttjefria torvslagen tar vid.













**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
800911-3 och 800921-4 från Statens råd för  
byggnadsforskning till VBB AB, Stockholm och  
VIAK AB, Malmö.**

**Art.nr: 6704022**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm**

**Cirkapris: 35 kr exkl moms**

**R22: 1984**

**ISBN 91-540-4094-9**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**